Prof. Dr. Sippodyl Haas

Geologie

Prof. Dr. Siegfried Evers

Geologie

ebers Illustrierte Handbücher

der Band ist in Leinwand gebunden, soweit nicht anders angegeben.

amen der Verfasser sind in Klammern gesetzt, die Preise in deutscher Währung ben. Die mit * bezeichneten Bände sind in Großoktav-, die mit *) in Lexikonoktavformat erschienen.

THE LIBRARY OF
THE UNIVERSITY OF MINNESOTA.
OMNIBUS VINCULUM
COMMUNE ARTIBUS
CLASS G 550
BOOK H11

2. Aufl. 3.—.
Wäscherei.
bb. 1903. 3.—.
losen und
Peters.) 1.50.
Sträucher
schwarze 10.—.
wesen. 260 Abb. 4.—.
ermann.)
feln Abb. 2.—.
gie.
nsammel- 8 Abb. 3.—.
Text- u. 9.—.
2. Aufl. 4.—.
9. Aufl.
913. 6.—.
Klemich.)
formulare. 3.—.
(A. Glin- 4.—.
wirtschaft.
901. 5.—.
anorgan.*
arb. Spek- 12.—.
ganische.* 7.50.
Pietsch.) 3.—.
logie.

en. (J. Meurer.) 22 Abb. 1892. 3.—.
nde u. Bienenzucht. (G. und J.) 8. Aufl. 51 Abb. 1887. 2.—.
rei. (M. Krandauer.) 42 Abb. 1913. 4.—.
Chemische Technologie.
nfm. (Stern.) 2. Aufl. 1911. 3.—.

Aufl. 1881. 1.50.
Commercial Correspondence. (F. E. Sandbach.) 1908. 4.—.
Correspondance commerciale. (J. Forest.) 2. éd. 1906. 3.50.
Dampferzeuger.* (H. Fischer u. H. Zeine.) 152 Abb. u. 3 Taf. 1908. 7.50.

Dampfkessel, Dampfmasch. u. and. Wärmekraftmasch.* (F. Seufert.) 8. Aufl. 408 Abb. u. 3 Tafeln. 1909. 9.—.
Darmerkrankungen s. Magen usw.
Destillation, trockene s. Chem. Technologie.
Dichtkunst s. Poetik.
Differential- u. Integralrechnung. (Bendt-Ehrig.) 5. Aufl. 39 Abb. 1913. 3.—.
Diphtherie s. Infektionskrankheiten.
Dogmatik. (G. Runze.) 1898. 4.—.
Dramaturgie. (Prölß.) 2. Aufl. 1899. 4.—.
Dränierung. (Löbe.) 3. Afl. 92 Abb. 1881. 2.—.
Drechslerei. (Chr. Walde u. H. Knoppe.) 392 Abb. 1903. 6.—.
Drogenkunde. 2. Aufl. (M. Pietsch u. A. Fuchs.) 1900. 3.—.
Düngemittel, künstl. s. Chem. Technologie.
Düngerlehre s. Agrikulturchemie.
Einjährig-Freiwillige, der. (M. Exner.) 3. Aufl. 1906. 2.50.
Einzelwohnhaus der Neuzeit.*) (Haenel u. Tscharmann.) **I. Band.** 224 Abb. 1909. **II. Band.** 307 Abb. 1910. Je 7.50.
Eisenbahnbau. (M. Hartmann.) 300 Text- u. 20 Taf. Abb. 1900 6.—.
Eissport s. Wintersport.
Elektrizität s. Physik.
Elektrochemie. (Löb.) 2. Afl. 42 Abb. 1910. 3.—.
Elektrotechnik.* (M. Schenkel.) 8. Aufl. 310 Abb. 1910. 10.—
Entwässerung s. Dränierung.
Erd- und Straßenbau. (R. Krüger.) 260 Abb. 1904. 5.50.
Erkrankungen der Haustiere s. Hilfe, erste.
Essigfabrikation s. Chem. Technologie.
Ethik. (Fr. Kirchner.) 2. Aufl. 1908. 3.—.
Fabrikbetrieb s. Organisation, kaufmänn.
Fahrkunst. (Fr. Hamelmann.) 3. Aufl. 21 Abb. 1885. 4.50.
Farbenlehre. (E. Berger.) 2. Aufl. 36 Abb. u. 8 Farbentaf. 1909. 4.50.
Färberei. (A. Ganswindt.) 3. Aufl. 120 Abb. 1904. 6.—.
— s. auch Chem. Technologie.
— und Zeugdruck. (H. Grothe.) 2. Aufl. 78 Abb. 1885. 2.50.
Farbstoffabrikation s. Chem. Technologie.
Fechtkunst s. Hieb-, Säbel- u. Stoßfechtschule.
Feldmeßkunst. (C. Pietsch.) 7. Aufl. 70 Abb. 1903. 1.80.
Festigkeitslehre s. Statik.
Fette s. Chemische Technologie.
Feuerbestattung. (Pauly.) 31 Abb. 1904. 2.—.
Feuerlösch- und Feuerwehrwesen. (R. Fried.) 217 Abb. 1899. 4.50.
Feuerung und Feuerungsanlagen s. Dampferzeuger, Dampfkessel.
Feuerwerkerei s. Chemische Technologie.
Fieber s. Infektionskrankheiten.
Finanzwissenschaft. (Alois Bischof.) 6. Aufl. 1898. 2.—.
Fischzucht. (A. Schröder.) 52 Abb. 1889. 2.50.
Flachs. (K. Sonntag.) 12 Abb. 1872. 1.50.
Flöte und Flötenspiel. (M. Schwedler.) 2. Afl. 24 Abb. u. Notenbeisp. 1910. 3.—.
Forstbotanik. (Fischbach-Beck.) 6. Aufl. 77 Abb. 1905. 3.50.
Frau, die junge. (W. Huber.) 2. Aufl. 1913. In Geschenkleinband 4.—.
Frauenkrankheiten. (W. Huber.) 4. Aufl. 40 Abb. 1895. 4.—.
Freimaurerei. (Smitt-Kießling.) 3. Aufl. 2.50.
Fremdwörter s. Wörterbuch, Deutsches.
Fuß s. Hand und Fuß.
Fußball s. Lawn-Tennis.
Galvanoplastik, Galvanostegie. (Langbein u. Frießner.) 4. Afl. 78 Abb. 1904. 3.50.
Gartenbau s. Nutz-, Zier-, Zimmergärtnerei und Obstverwertung.
Gartengestaltung der Neuzeit.*) (Lange.) 3. Aufl. 336 Abb. u. Pläne. 1912. 12.—.
Gasfabrikation s. Chemische Technologie.
Gasmaschinen s. Dampfkessel usw.
Gebärdensprache s. Ästhet. Bildung, Mimik.
Geburt s. Frau, die junge.
Gedächtniskunst. (Kothe-Pietsch.) 9. Aufl. 1905. 1.50.
Geflügelzucht.*) (B. Dürigen.) 2. Aufl. 120 teils farbig. Abb. 1910. 10.—.
Geisteskrankheiten. (Güntz.) 1890. 2.50.
Geldschrankbau s. Schlosserei 1.
Gemäldekunde. (Th. v. Frimmel.) 2. Aufl. 38 Abb. 1904. 4.—.
Gemüsebau s. Nutzgärtnerei.
Genickstarre s. Infektionskrankheiten.
Generatoren s. Verbrennungskraftmasch.
Geographie (Arenz, Traumüller-Hahn.) 69 Abb. 1899. 3.50.
Geographie, mathematische. (H. J. Klein.) 3. Aufl. 114 Abb. 1911. 2.50.
Geogr. Verbreitung d. Tiere s. Tiere.
Geologie. (Haas.) 244 Abb. u. 1 Tafel. 1906. 4.—.
Geometrie, analyt. (Friedrich-Riedel.) 2. Aufl. Mit 56 Abb. 1900. 3.—.
Geometrie, darstell. s. Projektionslehre.
Geometrie, ebene u. räuml. (K. und F. Zetzsche.) 4. Aufl. 242 Abb. 1905. 4.—.
Geometr. Zeichnen s. Projektionslehre.
Gerberei s. Chemische Technologie.
Gesangskunst. (Ferd. Sieber.) 6. Aufl. Mit vielen Notenbeispielen. 1903. 2.50.
Gesangsorgane s. Gymnastik d. Stimme.
Geschichte, allgemeine. s. Weltgeschichte.
Geschichte deutsche. (Kenzler.) 1879. 2.50.
Gesellschaft, menschliche s. Soziologie.
Gesetzbuch, Bürgerliches. 1890. 2.50.

Gesteinskunde s. Geologie, Petrographie.
Gesundheitslehre, naturgemäße. (Scholz.) 7 Abb. 1884. 3.50.
— s. auch Körperpflege.
Gewerbeordnung, deutsche. 1901. 1.20.
Gicht u. Rheumatismus. (Pagenstecher.) 4. Aufl. 9 Abb. 1903. 2.—.
Girowesen. (Berger.) 3 Form. 1881. 2.—.
Glasfabrikation s. Chemische Technologie.
Glasmalerei s. Porzellan- und Glasm. sowie Liebhaberkünste.
Graphologie. (R. Poppée.) Mit über 600 Schriftproben. 1908. 4.—.
Gymnastik, s. Ästhet. Bildung, Turnkunst.
Haare s. Haut, Haare, Nägel.
Hand und Fuß. (Albu.) 30 Abb. 1895. 2.50.
Handelsgesetzbuch f. d. D. Reich. 1897. 2.—.
Handelskorrespondenz s. Korresp., kaufm.
Handelsmarine, deutsche. (Dittmer.) 1 Karte u. 66 Abb. 1892. 3.50.
Handelsrecht, deutsches. (R. Fischer.) 1901. 2.—.
Handelswissenschaft. (O. Goldberg.) 7. Aufl. 1903. 3.—.
Handschriftenkunde s. Graphologie.
Harmonielehre s. Kompositionslehre.
Haustiere s. Geflügelzucht, Hilfe, erste.
Haut, Haare, Nägel. (Schultz-Vollmer.) 5. Aufl. 50 Abb. 1912. 2.50.
Heilgymnastik (H. A. Ramdohr.) 115 Abb. 1893. 3.50.
Heizung, Beleuchtung u. Ventilation. (Schwartze.) 2. Aufl. 209 Abb. 1897. 4.—.
Heraldik. (v. Sacken- v. Weltenhiller.) 7. Aufl. 261 Abb. 1906. 2.—.
Herz, Blut- und Lymphgefäße, Nieren und Kropfdrüse. (P. Niemeyer.) 2. Aufl. 40 Abb. 1890. 3.—.
Hiebfechtschule. 2. Aufl. 64 Abb. 1901. 1.50.
Hilfe, erste, bei Erkrankungen der Haustiere.*) (Uhlich.) 71 Abb. 1908. 6.—.
Holzindustrie, technischer Ratgeber. (Stübling.) 112 Abb. 1901. 6.—.
Hufbeschlag. (H. Uhlich.) 4. Aufl. 146 Abb. 1905. 2.—.
Hühnerzucht s. Geflügelzucht.
Hunderassen. (Krichler-Knapp.) 2. Aufl. 70 Abb. 1905. 3.—.
Hüttenkunde. (Dürre.) 209 Abb. 1877. 4.50.
Imker der Neuzeit.*) (O. Pauls.) 207 teils farb. Abb. 1910. 7.50.
Infektionskrankheiten. (Dippe.) 1896. 3.—.
Influenza s. Infektionskrankheiten.
Integralrechnung s. Diff.- u. Integralr.
Invalidenversicherung. (Wengler.) 1900. 2.—.
Jäger und Jagdfreunde. (Krichler-Knapp.) 57 Abb. 1902. 3.—.
Kalenderkunde. (B. Peter.) 1901. 2.—.
— s. auch Chronologie.
Kalkindustrie s. Chem. Technologie.
Kältetechnik, mod. (W. M. Lehnert.) 152 Abb. 1905. 4.—.
Käse s. Chem. Technologie, Milchwirtsch.
Kehlkopf. (Merkel-Heinze.) 2. Aufl. 33 Abb. 1896. 3.50.
Kellerwirtschaft s. Weinbau.
Keramik s. Chem. Technologie.
Keramik, Geschichte d. (Jännicke.) 417 Abb. 1900. 10.—.
Kerbschnittarbeit s. Liebhaberkünste.
Kerzen s. Chem. Technologie.
Keuchhusten s. Infektionskrankheiten.
Kind s. Sprache u. Sprachfehler.
Kindergarten, Theorie u. Praxis. (Heerwart.) 37 Abb. 1901. 2.50.
Kirchengeschichte. (Kirchner.) 1880. 2.50.
Klavierunterricht (Köhler-Hofmann.) 6. Aufl. 1905. 4.—.
Kleinwohnhaus d. Neuzeit. (Haenel u. Tscharmann.) ca. 316 Abb. 1913. 7.50 bis 10.—.
Klempnerei. (Dreher.) 1902. I. Teil. 330 Abb. II. Teil. 622 Abb. je 4.50.
Knabenhandarbeit. (Götze.) 69 Abb. 1892. 3.—.
Kompositionslehre. (Lobe-Hofmann.) 7. Aufl. 1902. 3.—.
Körperpflege d. Wasser, Luft u. Sport.*) (J. Marcuse.) 121 Abb. 1908. 6.—.
Korrespondenz, kaufm. (Findeisen-Spaltholz.) 8. Aufl. 1911. 2.50.
— s. auch Commercial Correspondence und Correspondance commerciale.
Kosmetik s. Haut usw.
Kostümkunde.*) (W. Quincke.) 3. Aufl. Mit 459 Kostümfig. 1908. 7.50.
Krankenpflege im Hause. (P. Wagner.) 71 Abb. 1896. 4.—.
Krankenversicherung. (Wengler.) 1898. 2.—.
Krankheiten, ansteck. s. Infektionskrankh.
Krankheiten d. Tiere s. Hilfe, erste.
Kricket s. Lawn-Tennis.
Kristallographie s. Mineralogie.
Krocket s. Lawn-Tennis.
Kulturgeschichte, allgemeine. (R. Eisler.) 3. Aufl. 1905. 3.50.
Kulturgeschichte, deutsche. (R. Eisler.) 1905. 3.—.
Kunstgeschichte. (Ehrenberg.) 6. Aft. 314 Abb. 1905. 6.—, Geschenkeinb. 6.50.
— s. auch Archäologie.
Kunstwollfabrikation s. Wollwäscherei.
Kurzschrift, mittelalt. s. Abbreviaturenlexikon.
Land- und Gartensiedelungen.*) (W. Lange.) 229 teils farb. Abb. 1910. 10.—.
Lawn-Tennis u. a. (Franz Presinsky.) 105 Abb. 2. Taus. 1907. 3.50.
Leimfabrikation s. Chem. Technologie.
Liebhaberkünste. (W. Friedrich.) 2. Aufl. 210 Abb. 1905. 2.50.

Digitized by Google

Geologische Bilder von Professor Bernhard von Cotta. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 228 Abbildungen. Preis 5 Mark, in Leinenband 6 Mark 50 Pf.

Inhalt: Vorwort. Entstehung der Erdkruste. Vulkane. Die geologischen Wirkungen des Wassers. Schnee und Eis in ihrer geologischen Bedeutung. Die Gesteine, woraus die feste Erdkruste besteht. Architektur der festen Erdkruste. Bau und Entstehung der Gebirge. Die Erzlagerstätten. Die Kohlenlager. Geschichte des organischen Lebens auf der Erde.

Quellenkunde. Lehre von der Bildung und vom Vorkommen der Quellen und des Grundwassers. Von Professor Dr. Hippolyt J. Haas. Mit 45 Abbildungen. Preis 4 Mark 50 Pf., in Leinenband 6 Mark.

Inhalt: Von den Quellen im allgemeinen. Vom Verhältnis der Quelle zur Größe ihres Areals und vom Einfluß der auf dieses letztere fallenden meteorischen Niederschläge auf die Ergiebigkeit der Quelle. Etwas von den Absonderungsformen und von den Lagerungsverhältnissen der Gesteine. Von den Beziehungen der Quellen zum geologischen Aufbau ihres Areals. Von den Schichtquellen und den damit verbundenen Erscheinungen. Quellen in verwitterten massigen Gesteinen, Quellen in Schutt- und Bergsturzgebieten, Quellen in Lavaströmen. Von den Verwerfungsquellen und den damit verwandten Erscheinungen. Quellen, die mit Höhlungen und Klüften in den Gebirgsschichten im Zusammenhang stehen. Vom Einfluß der mineralischen Zusammensetzung der Gesteine eines Areals auf die Beschaffenheit seiner Quellen. Durch die Triebkraft von Gasen emporgehobene Quellen. Von den Thermalquellen. Von den Mineralquellen. Von den in den Mineralquellen gelösten Substanzen. Von der Gruppierung der Mineralquellen und historische Bemerkungen über den Gebrauch der Mineralwasser. Etwas von der Entstehung der Mineralquellen. Vom Grundwasser. Etwas von der Kunst, Quellen zu finden. Von verschiedenen die Ergiebigkeit der Quellen beeinflussenden Umständen. Absätze von Kalksintern, Kalktuffen, Kieselsintern usw. durch Quellen. Etwas über die Methode zur Bestimmung der Härte des Wassers.

Digitized by Google

Webers Illustrierte Handbücher.

Jeder Band ist in Leinwand gebunden.

Bakterien. Von Prof. Dr. W. Migula. Zweite, vermehrte und verbesserte Aufl. Mit 35 Abbildungen. 2 Mark 50 Pf.

Darwinismus. Von Dr. Otto Zacharias. Mit dem Porträt Darwins, 39 Text- und 1 Tafel Abbildungen. 2 Mark 50 Pf.

Meereskunde, allgemeine. Von Johannes Walther. Mit 72 Abbildungen und einer Karte. 5 Mark.

Meteorologie. Von Prof. Dr. W. J. van Bebber. Dritte, gänzlich umgearbeitete Aufl. Mit 63 Abbildungen. 3 Mark.

Mikroskopie. Zweite Aufl., vollständig neu bearbeitet von Dr. Siegfried Garten. Mit 152 Abbildungen und einer farbigen Tafel. 4 Mark.

Mineralogie. Von Dr. Eugen Hussak. Sechste, vermehrte und verbesserte Aufl. Mit 223 Abbildungen. 3 Mark.

Naturlehre. Erklärung der wichtigsten physikalischen, meteorologischen und chemischen Erscheinungen des täglichen Lebens von Dr. L. E. Brewer. Vierte, umgearbeitete Aufl. Mit 53 Abbildungen. 3 Mark.

Petrographie. Lehre von der Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine von Prof. Dr. J. Blaas. Zweite, vermehrte Aufl. Mit 86 Abbildungen. 3 Mark.

Physik. Von Prof. Dr. Julius Kollert. Sechste, verbesserte und vermehrte Aufl. Mit 364 Abbildungen. 7 Mark.

Physik, Geschichte der. Von Prof. Dr. E. Gerland. Mit 72 Abbildungen. 4 Mark.

Versteinerungskunde (Petrefaktenkunde, Paläontologie). Eine Übersicht über die wichtigeren Formen des Tier- und des Pflanzenreiches der Vorwelt von Prof. Dr. Hippolyt Haas. Zweite, gänzlich umgearbeitete und vermehrte Aufl. Mit 234 Abbildungen und 1 Tafel. 3 Mark 50 Pf.

Wissenschaften, Geschichte der. Von Dr. Rudolf Eisler. 6 Mark.

Digitized by Google

Leitfaden der Geologie.

Archaeopteryx Sime

Nach dem Original im Muſeum f

Simensii *Dames.*

m für Naturkunde zu Berlin.

Leitfaden der Geologie

Achte, gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage mit 244 in den Text gedruckten Abbildungen und einer Tafel

von

Dr. Hippolyt Haas

o. Honorarprofessor der Geologie und Paläontologie an der Universität Kiel

UNIVERSITY OF MINNESOTA LIBRARY

1906

Verlagsbuchhandlung J. J. Weber in Leipzig

Digitized by Google

Alle Rechte vorbehalten.

Digitized by Google

G 550
H 11

Vorwort.

Der Leitfaden der Geologie ist aus der siebenten Auflage des Katechismus der Geologie hervorgegangen und hat eine wesentliche Umarbeitung und veränderte Anordnung des Stoffes erfahren. Letzteres aus pädagogischen Gründen. Es ist versucht worden, das Buch so zu gestalten, daß es auch seine in der geologischen Wissenschaft noch unerfahrenen Leser in diese einzuführen und dem Selbstunterricht zu dienen vermag. Die auf die einzelnen Abschnitte bezügliche wichtigste Literatur ist für solche, die sich mit diesem oder jenem geologischen Gegenstand noch etwas eingehender beschäftigen wollen, umstehend in einem kleinen Verzeichnis zusammengestellt worden.

Die Abbildungen sind stark vermehrt, ältere Illustrationen dafür ausgemerzt worden. Zu besonderem Danke bin ich Herrn Professor Dr. R. Brauns in Kiel für die liebenswürdige Unterstützung bei der Auswahl der neuen Bilder verpflichtet, ebenso dem Herrn Dr. E. Küppers für seine freundliche Beihilfe bei der Ausarbeitung verschiedener Abschnitte des Textes.

Kiel, im Juli 1906.

Hippolyt Haas.

MAR 26 1915 35 E Stechert 88
172256
Digitized by Google

UNIVERSITY OF
MINNESOTA
LIBRARY

Digitized by Google

Neuere Literatur zu den verschiedenen Abschnitten des Leitfadens der Geologie.

Lehrbücher für das Gesamtgebiet der Geologie:

Credner, H. Elemente der Geologie. 9. Auflage. Leipzig 1902.
Kayser, E. Lehrbuch der Geologie. 2. Auflage. Stuttgart 1902/05.
De Lapparent, A. Traité de Geologie. 5. Auflage. Paris 1906.
De Launay, L. La science géologique. Ses méthodes, ses résultats, ses problèmes, son histoire. Paris 1905.
Toula, Fr. Lehrbuch der Geologie. Wien 1900.
Für praktische Zwecke: Keilhack, Lehrbuch der praktischen Geologie. Stuttgart 1896.

Zum 2. und den folgenden Abschnitten:

Dölter, C. Petrogenesis. Braunschweig 1906.
Klune, F. Praktische Gesteinskunde. 2. Auflage. Hannover 1905.

Zum 3. Abschnitt:

Haas, H. Der Vulkan. Die Natur und das Wesen der Feuerberge. Berlin 1904.

Zum 4. Abschnitt:

Haas, L. Quellenkunde. Lehre von der Bildung und vom Vorkommen der Quellen und des Grundwassers. Leipzig 1895.
Heß, H. Die Gletscher. Braunschweig 1904.
Krümmel, O. Der Ozean. Eine Einführung in die allgemeine Meereskunde. 2. Auflage. Leipzig 1902.

Zum 5. Abschnitt:

Walther, J. Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. Berlin 1900.

Zum 6. Abschnitt:

Hörnes, R. Erdbebenkunde. Die Erscheinungen und Ursachen der Erdbeben, die Methoden ihrer Beobachtung. Leipzig 1893.
Sieberg, A. Handbuch der Erdbebenkunde. Braunschweig 1904.

Digitized by Google

Zum 7. Abschnitt:

Grubenmann, U. Die kristallinen Schiefer. I. Allgemeiner Teil. Berlin 1904.

Zum 8. Abschnitt:

Beck, R. Lehre der Erzlagerstätten. 2. Auflage. Berlin 1903.
Stelzner-Bergeat. Die Erzlagerstätten. Leipzig 1904/05.

Zum 10. Abschnitt:

Haas, H. Katechismus der Versteinerungskunde. 2. Auflage. Leipzig 1902.
Steinmann, G. Einführung in die Paläontologie. Leipzig 1903.
Zittel, K. A. von. Grundzüge der Paläontologie. I. Abteilung, Invertebrata. München und Berlin 1903.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 1
Definition des Wortes Geologie 1
Einteilung der Geologie 1
Die Hilfswissenschaften der Geologie 2
Zur Geschichte der Geologie 2
Erster Abschnitt. Die allgemeinen Verhältnisse des Erdkörpers 4
Zweiter Abschnitt. Die Gesteinshülle der Erde 9
Gesteinsbildende Mineralien 11
Wesentliche und unwesentliche Gemengteile 13
Die Struktur der Gesteine 16
Die wichtigsten Strukturformen der Gesteine 17
a) Die körnige Struktur 17
b) Die dichte Struktur 17
c) Die schiefrige Struktur 18
d) Die schuppige Struktur 18
e) Die faserige Struktur 19
f) Die porphyrische Struktur 19
g) Die blasige Struktur 19
h) Die Mandelsteinstruktur 19
i) Die poröse oder zellige Struktur 20
j) Die oolithische oder Rogensteinstruktur 21
k) Die sphärolithische Struktur 21
l) Die Fluidalstruktur 21
m) Die psephitische Struktur 22
n) Die psammitische oder die Sandsteinstruktur 23
o) Die pelitische Struktur 24
Dritter Abschnitt. Der Vulkanismus im engeren Sinne und die eruptiven Gesteine 25
Die Vulkane 25
Die geographische Verteilung der Vulkane 40
Einteilung der eruptiven Gesteine 49
Kristallinische Eruptivgesteine 52

Seite

1. Die quarzhaltigen Orthoklasgesteine, die Familie des Granits 53
2. Die quarzfreien Orthoklasgesteine, die Familie des Syenits 54
3. Die quarzfreien Orthoklas-Nephelin- oder Orthoklas-Leuzitgesteine, die Familie des Eläolithsyenits . . 55
4. Die Plagioklasgesteine mit Hornblende oder Biotit, die Familie des Diorits 55
5. Die Plagioklasgesteine, die Diallag oder Hypersthen führen, die Familie des Gabbros 56
6. Die Plagioklas-Augitgesteine, die Familie des Diabases und Melaphyrs 56
7. Die Familie des Basalts (vulkanisch) 57
8. Die Familie der Olivingesteine 58

Klastische Eruptivgesteine 58
Die Absonderung der Eruptivgesteine 59
Die Lagerungsverhältnisse der Eruptivgesteine 62
Beweise für den ehemals glutflüssigen Zustand der Eruptivgesteine 65
Die heißen Quellen 67
Die Ursachen des Vulkanismus 72

Vierter Abschnitt. Die geologische Tätigkeit des vadosen Wassers und die Entstehung der sedimentären Gesteine 78
Die geologischen Wirkungen des vadosen Wassers in flüssiger Gestalt 78
Entstehung der Quellen 82
Die geologischen Wirkungen der Quellen 82
Die geologischen Wirkungen der Bäche und Flüsse . . 85
Die geologischen Wirkungen des Meeres 85
Die geologischen Wirkungen des vadosen Wassers in fester Gestalt, als Eis 89
Die Entstehung und die Einteilung der sedimentären Gesteine 94
Die Lagerungsverhältnisse der sedimentären Gesteine . . . 97
Die Einteilung der sedimentären Gesteine nach ihrer Zusammensetzung 104

Fünfter Abschnitt. Die geologische Tätigkeit der Luftströmungen und die Entstehung der äolischen Gesteine 112

Sechster Abschnitt. Der Vulkanismus im weiteren Sinne:

Seite

Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche, Gebirgsbildung und Erdbeben 114
Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche 114
Die Gebirgsbildung 116
Erdbeben 122
Verschiedene Arten der Erschütterungen 122
Siebenter Abschnitt. Die kristallinischen Schiefer 128
Die Entstehung der kristallinischen Schiefer 128
Einteilung der eigentlichen kristallinischen Schiefergesteine . 131
Achter Abschnitt. Die Erzlagerstätten 132
Bestandteile der Erzlagerstätten 132
Vorkommen der verschiedenen Erzarten 134
Unterscheidung und Benennung der Erzlagerstätten . . 134
Alters- und Lagerungsverhältnisse der Erzlagerstätten . 134
Neunter Abschnitt. Aufeinanderfolge und Gliederung der sedimentären Gesteinsbildungen 135
Einteilung der Sedimentärgesteine 137
Einteilung der Bildungszeiträume 138
Die Altersteinteilung der einzelnen Perioden 139
Zehnter Abschnitt. Die Fossilien oder Versteinerungen . . 141
Elfter Abschnitt. Die archäische Ära 144
Zwölfter Abschnitt. Die paläozoische Ära 146
Das kambrische System 146
Gliederung der kambrischen Schichtenreihe 147
Das silurische System 150
Die Flora und die Fauna des Silursystems 152
Gliederung und Verbreitung des silurischen Systems . . 158
Das devonische System 162
Gliederung der devonischen Ablagerungen 165
Gliederung des devonischen Systems in Rheinland und Belgien 165
Gliederung des devonischen Systems im Harz 168
Eruptivgesteine, Erzgänge und für die Benutzbarkeit wertvolle Gesteinsarten im Devon 171
Das karbonische System 173
Gliederung der karbonischen Bildungen 177
Gliederung des oberen, produktiven Karbons in Böhmen, Sachsen, Schlesien und an der Saar 182

Seite
Die Verbreitung des Steinkohlensystems in Deutschland . 182
Nutzbare Mineralien des karbonischen Systems 184
Das permische System (Dyas) 187
Die Gesteine der Dyas 188
Das Rotliegende 192
Der Zechstein 194
Die nutzbaren Mineralien der deutschen Dyas 195
Die permische Eiszeit 199

Dreizehnter Abschnitt. Die mesozoische Ära 200
Das triassische System (Trias) 200
Die germanische Trias 201
Der Buntsandstein 201
Gliederung des Buntsandsteins 202
Der Muschelkalk 202
Gliederung des Muschelkalks 204
Der Keuper 204
Gliederung des Keupers 208
Die Verbreitung der Trias in Deutschland 209
Germanische Fazies der Trias in anderen Ländern . . 211
Der Erzreichtum der Trias 212
Die Eruptivgesteine der deutschen Trias 212
Die pelagische oder alpine Trias 213
Gliederung der alpinen Trias 214
Mineralreichtum der alpinen Trias 216
Eruptivgesteine der alpinen Trias 216
Das jurassische System 217
Gliederung des jurassischen Systems 227
Der Lias 228
Der Dogger 228
Der Malm 229
Gliederung der Jurabildungen in Schwaben 230
Normal geschichtete Fazies 231
Scyphienfazies 231
Das jurassische System in den Alpen 232
Die Juraprovinzen 233
Das cretaceische System (Kreide) 234
Petrographischer Charakter des cretaceischen Systems . . 235
Paläontologischer Charakter des cretaceischen Systems . 235

Digitized by Google

Seite

Zwei große klimatische Fazies in den Ablagerungen des cretaceischen Systems 241
Die nördliche Kreidefazies 242
Gliederung des Senons in Nordwestdeutschland (und im Baltikum) 246
Die südliche Fazies des cretaceischen Systems 247
Die nutzbaren Mineralien des cretaceischen Systems . . 248

Vierzehnter Abschnitt. Die känozoische Ära 249
Das tertiäre System 249
Die Einteilung des Tertiärs 250
Das Eozän 252
Das Oligozän 254
Das Miozän und das Pliozän (Jungtertiär) 269
Verbreitung des Tertiärsystems 266
Die Pampasbildungen des Laplatastromes 268
Das quartäre System 270
Die diluvialen Ablagerungen 270
Die Entstehung der diluvialen Ablagerungen 272
Diluviale Erscheinungen in den Alpen und anderen Gebirgen 275
Mehrmaliges Vor- und Zurückgehen der Gletscher und des Inlandeises in der diluvialen Periode 276
Ausdehnung der diluvialen Ablagerungen in Nordeuropa 278
Gliederung der diluvialen Ablagerungen Norddeutschlands 278
Die alluvialen oder rezenten Bildungen 284

Fünfzehnter Abschnitt. Das Erscheinen des Menschen in Europa 284

Einleitung.

Definition des Wortes Geologie.

Die Geologie ist die Lehre vom inneren Bau der festen Erdkruste und von deren Bildungsweise. Sie beschäftigt sich demnach mit unserm Erdkörper so, wie er heute vorliegt, und so, wie er sich gebildet hat.

Einteilung der Geologie.

Die geologische Wissenschaft soll daher über die folgenden Fragen Aufschluß geben:

1. Welches ist die Gestalt unserer Erde, welches ist ihre Größe, und wie ist ihre Oberfläche beschaffen?
2. Aus welchem Material ist die Erde, soweit wir in ihre Tiefen einzudringen vermögen, aufgebaut?
3. Welches sind die Lagerungsformen dieses Materials?
4. Welche Kräfte sind tätig gewesen, um dieses Material zu bilden und der Erdoberfläche ihre Gestaltung zu geben?
5. Welches war die Entwickelung unseres Erdkörpers, vom Moment an, in welchem derselbe ein selbständiger Körper im Weltall wurde, bis zum heutigen Tage?

Auf die erste Frage gibt uns die physiographische Geologie, auf die zweite die Lehre von den Gesteinen oder die Petrographie, auf die dritte die Lehre von den Lagerungsformen oder die architektonische Geologie, auf die vierte die dynamische Geologie oder die Lehre von den vulkanischen Erscheinungen, von der geologischen Tätigkeit des Wassers, der Winde usw., auf die fünfte endlich die Lehre von den Sedimentärformationen oder die historische Geologie Antwort.

Die Hilfswissenschaften der Geologie.

Daraus erhellt, daß die Geologie verschiedener Hilfswissenschaften bedarf, als da sind: die Astronomie, die Mathematik, die Physik, die Chemie, die Geographie, vor allem aber die Mineralogie und die Versteinerungskunde oder die Paläontologie.

Zur Geschichte der Geologie.

Die Geologie ist eine verhältnismäßig noch junge Wissenschaft, deren eigentliche Anfänge erst vom Ende des achtzehnten und vom Anfange des neunzehnten Jahrhunderts her datieren. Zwar haben schon im sechzehnten Jahrhundert der sächsische Arzt Georg Agricola und nach ihm im siebzehnten Jahrhundert der Däne Nikolaus Steno, in Diensten des Großherzogs von Toscana, gewissermaßen den Grundstein zum Gebäude der geologischen Wissenschaft gelegt. Dies gilt ganz besonders vom Erstgenannten, doch kann man wohl erst mit dem Auftreten des berühmten Freiberger Professors der Geologie, mit Werner, von einer eigentlichen geologischen Wissenschaft sprechen. Diesen Mann, seinen noch berühmteren Schüler Leopold von Buch, dem wohl mit Recht der Ehrentitel des größten deutschen Geologen im verflossenen Jahrhundert zukommt, und Alexander von Humboldt dürfen wir als die eigentlichen Begründer der geologischen Wissenschaft ansehen, und wir können mit Stolz behaupten, daß die Geologie vornehmlich eine deutsche Wissenschaft ist.

Seit jenen Tagen hat die Geologie einen raschen Aufschwung genommen und steht den anderen Naturwissenschaften durchaus ebenbürtig zur Seite. Sowohl Deutschland als auch eine Reihe anderer Länder, darunter in erster Linie Frankreich, England, Skandinavien, die Schweiz, Italien, Rußland, Österreich, Spanien, Portugal und Amerika, haben viele bedeutende Gelehrte hervorgebracht, denen die geologische Wissenschaft eine Menge schöner und geistvoller Arbeiten in

Digitized by Google

ihren verſchiedenen Disziplinen verdankt. Neben den ſchon erwähnten großen deutſchen Geologen ſeien nur noch die Namen zweier ausländiſcher Forſcher genannt, deren Arbeiten epochemachend geweſen ſind, nämlich der Franzoſe Elie de Beaumont und der Engländer Charles Lyell, der geiſtreiche Begründer der Theorie des Aktualismus. Von großem Einfluß auf die Entwickelung der Geologie in den letzten Jahrzehnten ſind auch die Werke des berühmten Naturforſchers Charles Darwin geweſen.

Erſter Abſchnitt.

Die allgemeinen Verhältniſſe des Erdkörpers.

Unſer Planet ſtellt ein an den Polen abgeplattetes Rotationsſphäroid da, deſſen Halbmeſſer am Äquator und an den Polen folgende Werte zeigt:

	nach Clarke:	nach Beſſel:
Äquatorialhalbmeſſer:	6,378,284 m	6,377,397 m
Polarhalbmeſſer:	6,356,607 „	6,356,079 „
Unterſchied:	21,677 m	21,318 m

Die Reſultate der verſchiedenen Meſſungen ſtimmen meiſt nicht ganz genau überein, doch ſind die Schwankungen derſelben nicht ſehr groß. Man wird wohl richtig gehen, wenn man den Wert der Abplattung etwa = 1/300 ſetzt. Auf Grund von 122 an verſchiedenen Stellen der Erde gemachten Beobachtungen hat Helmerth die Zahl 1/299,26 dafür berechnet.

Das ſpezifiſche Gewicht der Erde beträgt 5,77. Da die ihre Geſteinshülle bildenden Felsarten ein ſolches von dem durchſchnittlichen Werte 2 bis 3 beſitzen, ſo iſt die Annahme, daß im Erdinneren Stoffe von ſehr großer Dichte vorhanden ſein müſſen, berechtigt.

Die Temperatur des Erdkörpers nimmt zu, je mehr wir in ſeine Tiefen eindringen. Die Temperatur der Erdoberfläche wird durch die von der Sonne ausgeſtrahlte Wärme bedingt; dieſe jedoch macht ſich in unſeren Breiten nur noch bis zu einer Tiefe von etwa 25 bis 28 m geltend; hier treffen wir bereits auf eine Fläche, die neutrale oder invariable Fläche, auf der die jahreszeitlichen Unterſchiede nicht mehr zum Ausdruck gelangen. Jenſeits von dieſer, alſo dem Erd-

mittelpunkte zu, ist wiederum eine Temperaturzunahme bemerkbar, die nicht mehr auf die Ausstrahlung der Sonne zurückgeführt werden kann, sondern ihren Ursprung aus der Tiefe herleitet. Dieser schon seit geraumer Zeit bekannte Umstand ist durch eine große Anzahl von Beobachtungen in Schächten, Bohrlöchern, bei Tunnelbauten usw. festgestellt worden. Trotzdem diese Tatsache im Verlauf der jüngstverflossenen Jahrzehnte mit mehr und mehr verfeinerten Präzisionsinstrumenten untersucht worden ist, sind dennoch die dabei gewonnenen Resultate noch lange nicht derartige, um einen Satz von allgemeiner Gültigkeit bezüglich der Temperaturzunahme im Erdinneren danach aufstellen zu können.

Die Anzahl von Metern, die man von der neutralen Fläche nach dem Erdmittelpunkte hin durchmessen muß, um eine Temperaturerhöhung von 1° C zu erhalten, wird durch die geothermische Tiefenstufe ausgedrückt, deren Wert jedoch ein schwankender ist. Denn dieser ist zweifellos von den verschiedensten Dingen abhängig, so von der Gesteinsbeschaffenheit, der Nähe von heißen Quellen, vulkanischen Herden usw. Es nimmt die Wärme in schieferigen Gesteinen rascher zu als in granitischen, und sie ist in Kohlenbergwerken eine viel größere als in Steinsalzlagern, da Steinsalz ein sehr hohes Wärmeleitungsvermögen besitzt. Dann scheint die innerhalb der festen Gesteinshülle überall und stetig vor sich gehende Umsetzung und Zersetzung der verschiedensten Mineralmassen, so beispielsweise der weitverbreiteten Eisenkiese, in Betracht zu kommen und eine lokale Steigerung der Temperatur hervorrufen zu können. Der Mittelwert für die geothermische Tiefenstufe dürfte zwischen 31 bis 35 m liegen; er ist jedoch an ein und demselben Beobachtungsorte fast nie ganz gleich und erleidet zuweilen die auffälligsten Abweichungen. Ein schlagendes Beispiel dafür bietet die Wärmezunahme im Albertschacht zu Pzibram in Böhmen. Von der in 74,5 m Tiefe belegenen ersten Beobachtungsstelle ab wurden folgende Zahlen gewonnen: 34, 97, 53, 172, 74, 52,8, 68,7, 57,7, 55,9, 135,5, 82,7. Die Mittelwerte der geo-

thermiſchen Tiefenſtufen in einigen deutſchen Bohrlöchern der Gegenwart mögen hier folgen:

Sperenberg bei Berlin . . . . 33,7 m
Schladebach bei Halle. . . . . 35,7 „
Paruſchowitz in Oberſchleſien 34 „

Das letztgenannte Bohrloch iſt das tiefſte, das bislang in die Erde hineingetrieben wurde, und ſeine Tiefe würde etwa 1/3183 des äquatorialen und 1/3173 des polaren Erdradius gleichkommen. Wir kennen alſo vom Erdinneren etwa 1/3175 des Erdhalbmeſſers, von der Wärmezunahme wie überhaupt von der Beſchaffenheit der übrigen 3174/3175 wiſſen wir ſo gut wie nichts Beſtimmtes und ſind in dieſer Hinſicht lediglich auf Vermutungen angewieſen.

Immerhin ſind noch andere Tatſachen vorhanden, aus denen gefolgert werden muß, daß die Temperatur nach dem Erdmittelpunkte zu allmählich immer größer wird. Das ſind die glutflüſſigen Maſſen, die ſich aus den eine allgemeine Verbreitung auf unſerem Planeten beſitzenden Feuerſchlünden der Vulkane über die Erdoberfläche ergießen, die Laven, die eine Hitze von 1000° C und mehr aufweiſen, und ferner die kaum minder verbreiteten heißen Quellen, die Thermen, von denen manche über 100° C warm ſind. Demnach iſt allenthalben in den Tiefen der Erde ein beträchtlicher Wärmeſchatz aufgeſpeichert. Wenn man eine geothermiſche Tiefenſtufe von 34,1° C (Bohrloch von Paruſchowitz) zugrunde legt, ſo würde bei gleichmäßiger Temperaturzunahme in 3000 m Tiefe bereits eine Wärme von 100° C, bei 30000 m (etwa 4 Meilen) eine ſolche von 1000° C und bei ungefähr 300000 m (42 Meilen) eine weitere von 10000° C herrſchen. Nun iſt eine in arithmetiſcher Progreſſion fortſchreitende gleichmäßige Wärmezunahme nach dem Erdmittelpunkte hin doch nicht ganz außer Zweifel, und die Möglichkeit, daß die geothermiſchen Tiefenſtufen allmählich größer werden, je mehr wir uns von einer gewiſſen Tiefe aus dem Zentrum des Planeten nähern, iſt nicht ausgeſchloſſen. Die Annahme von Temperaturen, wie ſie ſich bei 300 km ſchon er-

geben müßten, ist daher vielleicht gar nicht berechtigt. Bei 10000° C Wärme müßten alle uns auf der Oberfläche und in der Gesteinshülle der Erde bekannten Stoffe geschmolzen sein, selbst wenn man den Druck der festen Erdrinde berücksichtigt, der den Schmelzpunkt der Materie noch bedeutend erhöht.

Über den möglichen Zustand des Erdinneren sind die allerverschiedensten Ansichten laut geworden. Eine derselben, die von S. Günther in München aufgestellte Kontinuitätshypothese, nimmt an, daß im Inneren des Erdballs alle überhaupt denkbaren Aggregatzustände zwischen nahezu totaler Starrheit und absoluter Dissoziation vorhanden seien, ohne irgendwelche Trennungsflächen, sondern mit durchaus lückenlosem Übergang eines Zustandes in den anderen, so daß zwei zunächst benachbarte unendlich dünne Kugelschalen auch hinsichtlich ihrer Molekularbeschaffenheit einen wenn auch noch so geringen Unterschied aufweisen müssen. Sieben allmählich ineinander übergehende Raumzonen sind nach Günther vorhanden, von außen nach innen fortschreitend erst die feste Erdkruste, dann die durch eine gewisse Verschiebbarkeit der Teilchen ausgezeichnete Zone der latenten Plastizität, hierauf die Zone der Zähflüssigkeit, viertens die Zone der gewöhnlichen Flüssigkeit. Auf diese folgt die Zone der gewöhnlichen Gase, — die verschiedensten Stoffe befinden sich hier in gasförmigem Zustand —, die von derjenigen der überkritischen Gase abgelöst wird, in der aber jedes Gas seine Individualität, sein Sonderdasein noch besitzt. Endlich erscheint die innerste Zone, in der diese Selbständigkeit der Gase wegen der radialen Wärmezunahme unmöglich geworden ist, denn die notwendige Folge dieser letzteren ist der Zerfall der Molekel. Nach den Anschauungen anderer ist der Erdball eine Gaskugel, die zunächst von einer flüssigen Schicht von Gesteinsbrei, von Magma, und dann von einer festen Kruste umgeben ist, so jedoch, daß zwischen diesen verschiedenen Hüllen keine scharfen Grenzen, sondern allmähliche Übergänge bestehen. Die starre Erdrinde

ruht demnach gleichſam auf einem weichen Polſter latent plaſtiſchen und darunter flüſſigen Materials und befindet ſich im Ruhezuſtande in einer Art von hydroſtatiſchem Gleichgewicht.

Von aſtronomiſcher Seite aus iſt der Einwand gemacht worden, ein glutflüſſiger Erdkern würde nicht imſtande ſein, der feſten Erdkruſte in ihren täglichen Umdrehungsbewegungen zu folgen, und die durch Sonne und Mond an unſerem Planeten hervorgerufenen Anziehungserſcheinungen müßten dann von anderer Art beſchaffen ſein, als ſie das tatſächlich ſind. G. Darwin und Lord Kelvin haben daher die Lehre vom gänzlich ſtarren Erdkörper aufgeſtellt. Um dieſe Annahme mit dem Vorhandenſein der zur Erklärung der vulkaniſchen Erſcheinungen notwendigen glutflüſſigen Materie in der Tiefe in Einklang zu bringen, hat Reyer eine ſehr geiſtreiche Hypotheſe aufgeſtellt. Allerdings iſt nach ihm die Hauptmaſſe des urſprünglich glutflüſſig geweſenen Magmas im Erdinneren verfeſtigt, und zwar wegen des hohen Drucks, der ſtärker iſt als die der Verfeſtigung entgegenwirkende hohe Temperatur. Wenn nun aus irgendwelchen Gründen, vielleicht infolge von Spannungsunterſchieden, ein Riß in der Erdkruſte entſteht, der ſich tief bis ins Magma hinein erſtreckt, dann muß Gleiches ſtattfinden wie beim Zerbrechen einer mit Paraffin erfüllten Röhre, in der dieſe Subſtanz unter hohem Druck und trotz hoher Temperatur in ſtarrem Zuſtand erhalten wird. Genau ſo wie das Paraffin durch die Druckentlaſtung erweicht wird, geſchieht es auch mit dem Magma, immerhin nur teilweiſe, da dieſes aus einer Reihe verſchiedener Kieſelſäureverbindungen von jeweils anderem Schmelzpunkt beſteht. Wäre ſeine Zuſammenſetzung eine einheitliche, ſo müßte auch die Verflüſſigung eine allgemeine werden. Das Maß der erweichenden Wirkung des Riſſes wird natürlich um ſo beträchtlicher ſein, je tiefer und je heißer die vom Drucke befreiten Magmateile waren.

Nach Svante Arrhenius hat man in einer Tiefe von etwa 40 km ab einen feurigflüſſigen Zuſtand des Erdinneren

anzunehmen, und von hier ab herrscht das Magma, eine infolge des hohen Drucks äußerst zähflüssige und wenig zusammendrückbare Flüssigkeit. In einer Tiefe von 300 km besteht aber bereits eine die kritische Temperatur jedes bebekannten Körpers übersteigende Hitze, und darum kann dieser Zustand des Magmas nicht bis zu besonders größeren Erdtiefen vorhalten, sondern dieses muß allmählich in einen gasförmigen Zustand übergehen. In diesem dürfte aber seine Zähflüssigkeit und sein Mangel an Zusammendrückbarkeit noch beträchtlicher sein als im flüssigen. Wenn man nämlich von Gasen bei hohen Temperaturen und hohen Drucken spricht, wie diejenigen im Erdinneren, so hat man sich nach Arrhenius darunter etwas ganz anderes vorzustellen als das, was man gewöhnlich unter dem Begriff Gas versteht. Die Dichtigkeit, die Zusammendrückbarkeit und die Zähflüssigkeit eines derartigen Gases sind von einer solchen Größenordnung, daß wir es wegen dieser Eigenschaften als festen Körper bezeichnen würden, wenn wir nicht aus wichtigeren Umständen schließen müßten, daß ein gasförmiger vorläge.

Zweiter Abschnitt.

Die Gesteinshülle der Erde.

Der unserer Untersuchung zugängliche Teil unseres Planeten, seine feste Kruste, wird als Gesteinshülle (Lithosphäre) bezeichnet, im Gegensatz zur Lufthülle (Atmosphäre) und zur Wasserhülle (Hydrosphäre). Diese Gesteinshülle besteht aus Gesteinen, und Gesteine sind Anhäufungen von Mineralien, Mineralaggregate.

Im Hinblick auf ihre Entstehungsweise werden verschiedene große Gruppen von Gesteinen unterschieden, und zwar:

1. die eruptiven Gesteine, diejenigen, die einmal in glutflüssigem Zustand aus dem Erdinneren heraufgedrungen sind oder noch heraufdringen;
2. die sedimentären oder geschichteten Gesteine, die dem chemischen oder auch mechanischen Absatz der Gewässer ihre Entstehung verdanken, zum Teil unter Beihilfe der in diesen Gewässern lebenden Organismen;
3. die äolischen Gesteine, die von den Luftströmungen, den Winden zusammengetragen wurden, und endlich
4. die kristallinischen Schiefer.

Diese vierte Gruppe ist den vorerwähnten drei Gruppen nicht gleichwertig, insofern dieselbe nicht so scharf umschrieben ist wie jene. Es sind Gesteine, die mit der Gruppe der vulkanischen Gesteine die mineralische Zusammensetzung und mit derjenigen der geschichteten Gesteine, allerdings nicht ohne zahlreiche Ausnahmen, die Schichtung gemeinsam haben. Weinschenk hat die kristallinischen Schiefer bezeichnet als sedimentäre und eruptive Gesteine oder als eine Vermischung beider, wenn in denselben entweder eine von dem allgemein anerkannten Habitus eines Sediments oder Eruptivgesteines abweichende Struktur oder eine eigenartige mineralische Zusammensetzung beobachtet wird, oder wenn das betreffende Vorkommnis zwischen Gesteinsreihen lagert, in denen einzelne Glieder eine dieser ungewöhnlichen Eigenschaften haben. Im großen und ganzen ist der gegenwärtige Charakter der kristallinischen Schiefer nicht mehr ihr ursprünglicher; dieselben haben im Verlaufe der Äonen infolge von allerlei Einwirkungen chemischer und mechanischer Natur eine Umwandlung, eine Metamorphose, erlitten, weshalb man dieselben auch als metamorphische Gesteine zusammenfaßt.

Bezüglich der Art und Weise, in der die das Gestein bildenden Mineralien in diesem zusammengefügt sind, unterscheiden wir:

1. kristallinische;
2. mechanisch verbundene oder klastische, und
3. lockere Gesteine.

Man hat bei der Einteilung der Gesteine ferner zu berücksichtigen, ob dieselben größtenteils nur aus den Teilchen eines Minerals bestehen, so z. B. der Kalkstein, der nur aus Teilchen von Kalkspat gebildet wird, oder ob dieselben von einer innigen Verbindung oder einer Mengung mehrerer Mineralien zusammengesetzt werden, wie z. B. der aus Feldspat, Quarz und Glimmer bestehende Granit. Im ersteren Falle würden wir von einem einfachen kristallinischen Gestein reden, im letzteren von einem gemengten kristallinischen Gestein.

Unter der Bezeichnung minerogene Gesteine versteht man solche, die auf rein anorganischem Wege entstanden sind, während man unter der Benennung zoogene Gesteine und phytogene Gesteine solche begreift, bei deren Bildung Tiere oder Pflanzen mitgewirkt haben. So ist z. B. die weiße Schreibkreide ein zoogenes Gestein, die Steinkohle dagegen ein phytogenes. Bei der Bildung des ersteren sind unzählige kleine Tierchen (Foraminiferen) tätig gewesen, bei derjenigen des letzteren Pflanzen.

Gesteinsbildende Mineralien.

Von den vielen Hunderten von Mineralspezies nehmen nur verhältnismäßig wenige an der Zusammensetzung der Gesteine teil.

Die wichtigsten sind etwa folgende:

Elemente: Der Kohlenstoff, als Graphit, in der Stein- und Braunkohle usw.; der Schwefel, wenn auch nur sehr untergeordnet.

Oxyde: Das Eis, der Eisenglanz, das Titaneisenerz, der Quarz, der Tridymit, der Opal, der Magnetit, das Chromeisenerz usw.

Karbonate: Kalzit, Dolomit.

Sulfate: Gips und Anhydrit, Schwerspat.

Phosphate: Apatit.

Silikate: Andalusit, Disthen, Staurolith, Turmalin, Epidot, Vesuvian, Granat, Olivin, Leuzit, Eläolith und

Nephelin, Sodalith, Nosean, Hauyn, die Glimmergruppe und die Chlorit- und Talkgruppe, der Serpentin, die Augit- und die Hornblendegruppe, die Feldspate, deren Zersetzungsprodukt, das Kaolin, in untergeordneter Weise gewisse Mineralien aus der Reihe der Zeolithgruppe, von den Haloiden das Steinsalz und der Flußspat.

Die mikroskopische Untersuchung dieser Mineralien zeigt oft, daß dieselben sehr verschieden gebaut sind, und sie hat schon manchmal wichtige Fingerzeige für die Erklärung von der Entstehung der betreffenden Gesteine geliefert. So sind diese Mineralien, oder besser gesagt, Kristallindividuen von Mineralien zuweilen zerbrochen, angeschmolzen, oder dieselben zeigen die deutlichen Spuren eines intermittierenden Wachstums, die sogen. Zonarstruktur, oder auch sie enthalten wiederum Einschlüsse anderer Mineralien und sogen. Glaseinschlüsse, amorphe Glaspartikelchen, die nur im glutflüssigen Zustande des Gesteins entstehen konnten, demnach für die Erklärung der Entstehung derjenigen Gesteine, in denen man solche Erscheinungen nachgewiesen hat, von größter Wichtigkeit sind. Oder es finden sich auch Flüssigkeitseinschlüsse in den Kristallindividuen, die für das Verständnis der Gesteinsgenesis nicht minder von Wert sind als die ersteren. Genaue Untersuchungen haben ergeben, daß die betreffenden Flüssigkeitseinschlüsse u. a. aus Lösungen von Kochsalz und aus flüssiger Kohlensäure bestehen. Auch Gasporen sind nachgewiesen, ebenso eigentümliche Gebilde, die man gewissermaßen als das Embryonalstadium verschiedener Mineralien ansehen kann und die man Mikrolithen, Kristalliten usw. genannt hat (Abb. 1, 2, 3, 4 und 5).

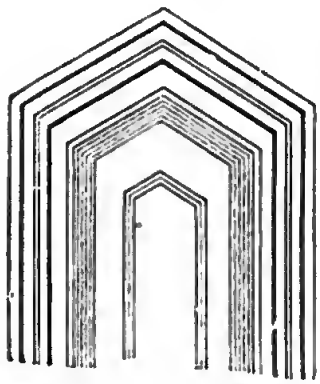


Abb. 1. Zonarer Aufbau eines Kristalls.

Wesentliche und unwesentliche Gemengteile.

Wesentliche Gemengteile nennt man diejenigen, ohne welche die Gesteine eine in der Hauptsache durchaus andere Zusammensetzung haben würden. So ist z. B. der Quarz

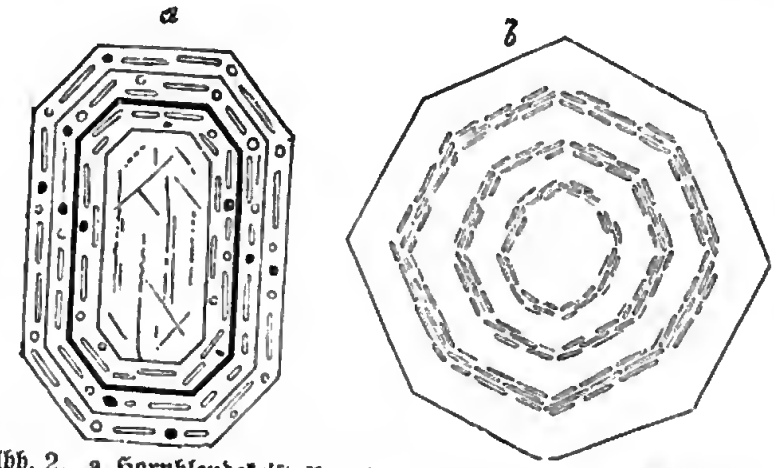


Abb. 2. a Hornblendekristall und b Leuzitkristall mit Einschlüssen.

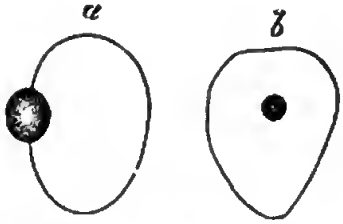


Abb. 3. Glaseinschlüsse.

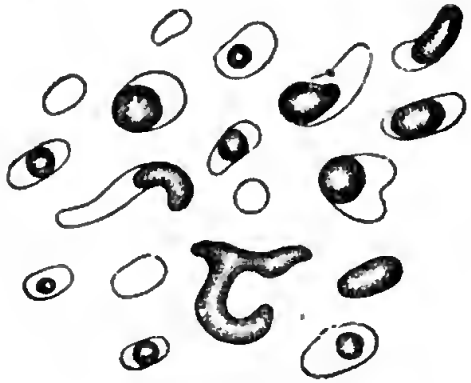


Abb. 4. Flüssigkeitseinschlüsse.

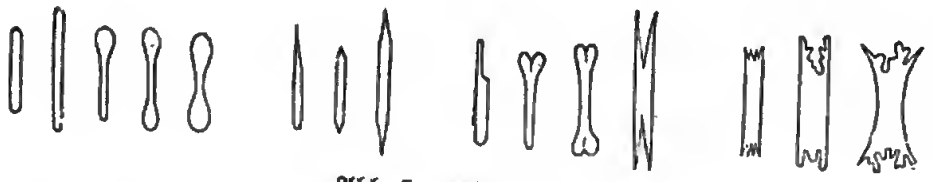


Abb. 5. Mikrolithe.

ein wesentlicher Gemengteil des Granites, denn ohne Quarz wäre das betreffende Gestein eben kein Granit. Unter **unwesentlichen oder akzessorischen Gemengteilen**

würden wir dagegen diejenigen verstehen, die nur vereinzelt hier und da in den Gesteinen auftreten, ohne deren Totalcharakter im geringsten zu ändern. Dieselben finden sich teils als vereinzelte Kristalle oder Kristallaggregate, teils aber auch als die ganze Masse durchdringende und oft zugleich färbende Bestandteile.

So zeigen sich im Granit zuweilen kleine Kristalle von Granat, von Turmalin, von Kupferkies, Eisenkies usw., im Syenit solche von Zirkon, im Basalt solche von Glimmer und Hornblende usw. Treten derartige akzessorische Gemengteile in größeren Massen zusammen auf, so spricht man von akzessorischen Bestandmassen. Je nach ihrer Entstehung redet man dann von Konkretionen und von Sekretionen.

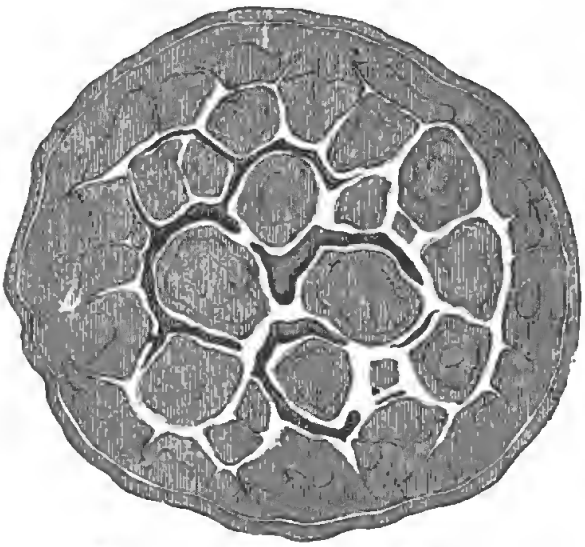


Abb. 6. Querschnitt einer Septarie.

Konkretionen sind solche akzessorische Bestandmassen, die von innen nach außen gewachsen sind. Die Mineralsubstanz hat sich um einen Punkt herumgelagert, dessen größere Attraktion die Bildung der Konkretion veranlaßt hat. Die äußeren Teile einer Konkretion sind demnach die zuletzt gebildeten. Solche Konkretionen sind z. B. die Septarien (Abb. 6), linsenförmige Gebilde, von einem oftmals radialen Spaltennetz durchzogen, in dem sich Braunspat, Eisenspat und noch andere Mineralien abgesetzt haben, die Imatrasteine, die Lößkindchen usw.

Sekretionen setzen stets das Vorhandensein von Hohlräumen in den Gesteinen, in denen sie auftreten, voraus. Durch Infiltration von Mineralsolutionen in dieselben werden

sie nach und nach von den Wänden her ausgefüllt, und zwar so, daß häufig verschiedene Mineralarten schichtenweise übereinanderliegen. Die innerste Schicht ist dann selbstverständlich die jüngste. Solche Sekretionen sind entweder nur teilweise oder auch ganz mit Mineralsubstanz angefüllt. Sie sind weiter noch von sehr verschiedener Gestaltung und werden je nach derselben verschieden benannt. Hierher gehören z. B. die Achatmandeln (Abb. 7).

Fremde Einschlüsse in Gesteinen sind keineswegs Seltenheiten. Man findet in gewissen Eruptivgesteinen ältern und jüngern Alters Gesteinsstücke, die in der Tiefe anstehen; so hat der Basalt an manchen Stellen seines Auftretens Stücke von Gneis, Glimmerschiefer oder sonstigen Gesteinen mit aus der Tiefe gebracht, wie z. B. in der Schwäbischen Alb, während in der Nähe seines Vorkommens derartige Gesteine auf der Erdoberfläche durchaus unbekannt sind.

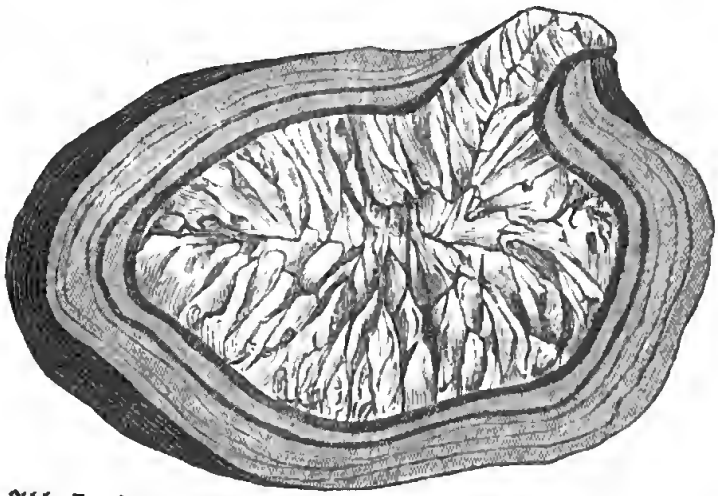


Abb. 7. Querschnitt einer Sekretion (Achatmandel).

Zu diesen fremden Einschlüssen gehören auch die sog. Versteinerungen, Fossilien oder Petrefakten, auf die wir noch zurückkommen werden.

Die Anzahl der ein Gestein zusammensetzenden wesentlichen Gemengteile ist eine verhältnismäßig nur geringe. So besteht z. B., wie schon gesagt, der Granit aus Feldspat, Quarz und Glimmer, der Diabas aus Feldspat und Augit und der eigentliche Basalt aus Feldspat, Augit und Olivin neben etwas Magneteisen.

Digitized by Google

Die Zahl der die feste Erdkruste zusammensetzenden Gesteine läßt sich nicht fest bestimmen; die meisten der Gesteinsarten sind nicht scharf gegeneinander abgegrenzt, sondern bilden vielmehr Übergänge ineinander, so daß man außer den normalen typischen Gesteinen auch noch eine große Anzahl Übergangsstufen unterscheiden kann.

Um die Gesteine nach ihrer mineralischen Zusammensetzung zu unterscheiden, bedient man sich heutzutage unter anderem der mikroskopischen und der chemischen Analyse.

Die mikroskopische Analyse besteht darin, daß man Splitter des betreffenden zu untersuchenden Gesteins dünn bis zur Durchsichtigkeit schleift (mit Hilfe von Eisenplatten, auf denen mit Schmirgel geschliffen wird) und diese sog. Dünnschliffe auf einem Objektträger in Kanadabalsam einlegt und mit einem Deckgläschen zudeckt, um dieselben nachher unter einen mit Polarisationsapparat versehenen, eigens zu diesem Zwecke konstruierten Mikroskope zu betrachten. Auf dem verschiedenen Verhalten der einzelnen Mineralien gegenüber dem polarisierten (d. h. auf eine einzige Schwingungsebene reduzierten) Lichte, je nach den verschiedenen Kristallsystemen, denen dieselben angehören, basiert hauptsächlich die mikroskopische Analyse. Die chemische Analyse braucht wohl des näheren nicht genauer erläutert zu werden. Beide Untersuchungsmethoden ergänzen sich notwendigerweise.

Die Struktur der Gesteine.

Unter der Struktur der Gesteine versteht man hauptsächlich die Größe, die Form, die Verteilungs- und Verbindungsweise der einzelnen individuellen Mineralteilchen, aus denen die gemengten und die einfachen Gesteine bestehen. Die mineralischen und die Strukturunterschiede stimmen meist nicht miteinander überein, vielmehr zeigen dieselben Mineral-

gemenge oftmals ganz ungleiche Struktur, und oftmals wiederholen sich ganz gleiche Strukturen bei sehr ungleichen Gesteinen.

Die wichtigsten Strukturformen der Gesteine.

a) Die körnige Struktur.

Wenn die einzelnen Gemengteile eines Gesteins ungefähr von gleicher Größe sind und nach allen Richtungen hin gleiche Ausdehnung besitzen, spricht man von einer körnigen Struktur. Man unterscheidet hier wieder

α) grobkörnige Struktur,

β) mittelkörnige Struktur und

γ) feinkörnige Struktur.

α) Die grobkörnige Struktur. Diese Bezeichnung wird ganz speziell für Gesteine angewandt, deren einzelne Gemengteile größer als ein gewöhnliches Erbsenkorn sind.

β) Die Bezeichnung mittelkörnige Struktur wendet man für Gesteine an, deren Gemengteile kleiner sind als ein Erbsenkorn, und Gesteine mit noch kleineren Gemengteilen würde man

γ) Gesteine mit feinkörniger Struktur nennen.

b) Die dichte Struktur.

Gesteine, deren einzelne Gemengteile weder mit bloßem Auge noch mit der Lupe zu erkennen sind, nennt man Gesteine mit dichter Struktur. Dieselbe löst sich oft bei der Betrachtung eines derartigen Gesteinssplitters unter dem Mikroskop in ein feinkristallinisches Aggregat auf, zuweilen aber auch nur in ein Aggregat von Körnern nnd Schuppen nicht mehr erkennbarer Mineralien. Im ersteren Falle würde man von einer kryptokristallinischen, im zweiten Falle von einer mikrofelsitischen Struktur reden. Ist schließlich selbst bei Anwendung von sehr starken Vergrößerungen

keine Spur von Struktur mehr im Gestein zu erkennen, verhält sich die Masse durchaus amorph, so spricht man von einer Glasbasis oder porodinamorphen Basis.

c) Die schiefrige Struktur.

Diese besteht darin, daß die betreffenden Gesteine nach einer Flächenrichtung leichter spalten als nach jeder andern, so daß sie sich infolgedessen in dünne Platten trennen lassen, wie z. B. die Dachschiefer, welche Erscheinung durch den Umstand bewirkt wird, daß gewisse, an der Zusammensetzung des Gesteins teilnehmende blättrige Mineralien, wie z. B. der Glimmer im Glimmerschiefer, eine parallele Lage haben.

Man spricht von krummschiefriger, geradeschiefriger, dickdünnschiefriger Struktur usw., Ausdrücke, die sich wohl von selbst erklären. Die flaserige Struktur ist eine Modifikation der schiefrigen Struktur, insofern als in gewissen Gesteinen Partien von meist körniger Struktur, Linsen, durch dünnere oder dickere schiefrig struierte Gesteinslagen voneinander getrennt werden. Der Linearparallelismus der Gesteine ist eine mit der schiefrigen Struktur sehr nahe verwandte Erscheinung und besteht darin, daß einzelne Gesteinsgemengteile, zuweilen auch Kristalle oder Blasenräume nach einer Richtung besonders ausgedehnt oder parallel geordnet sind, oder auch darin, daß zarte Falten schiefriger Gesteine alle untereinander parallel verlaufen. Transversale oder falsche Schieferung findet statt, wenn die schiefrige Struktur und die damit verbundene Spaltbarkeit des Gesteins der Schichtung desselben nicht parallel läuft, sondern solche in einem größeren oder kleineren Winkel durchschneidet.

d) Die schuppige Struktur.

Das betreffende Gestein ist aus blättrigen oder schuppigen Mineralteilchen (Glimmer, Chlorit) zusammengesetzt, die entweder wirr durcheinanderliegen oder nach einer Richtung hin angeordnet sind (schuppig-schiefrige Struktur).

Digitized by Google

e) Die faserige Struktur

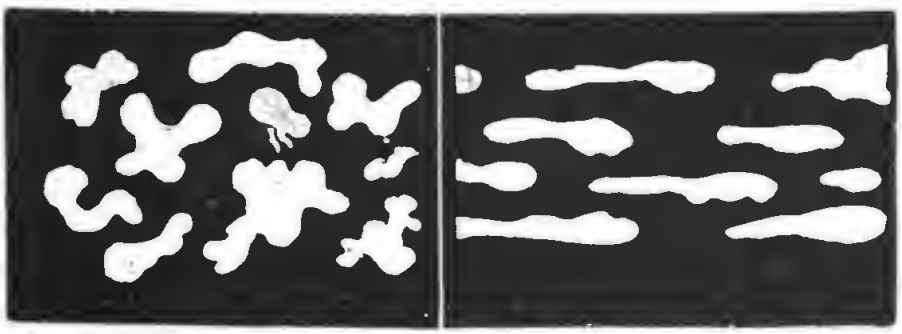
verhält sich analog der schuppigen, insofern als die Gemengteile bei einem faserig struierten Gesteine faserig sind. Auch hier liegen dieselben entweder wirr durcheinander oder in einer Richtung (faserig-schiefrige Struktur).

f) Die porphyrische Struktur.

In einem Gestein mit dichter Grundmasse treten einzelne Mineralien oder Kristalle oder auch kristallinische Teile besonders deutlich hervor. Wenn dieselbe Erscheinung bei Gesteinen mit körniger Struktur stattfindet, so spricht man von porphyrartiger Struktur, so z. B. von porphyrartigen Graniten.

g) Die blasige Struktur.

Gesteine, die gerundete Hohlräume vom Charakter der Blasenräume enthalten, sind blasig struiert.



Unregelmäßige Blasenräume. Abb. 8. Langgestreckte Blasenräume.

Diese Blasenräume sind dadurch entstanden, daß im noch weichen Zustande des Gesteins sich Gase entwickelten und die Entstehung der betreffenden Räume bedingten (s. Abb. 8). Wenn diese Blasenräume mannigfach gewunden sind, spricht man auch von schlackiger Struktur.

h) Die Mandelsteinstruktur.

Mandelsteinartig struiert sind die Gesteine dann, wenn die darin enthaltenen Blasenräume durch neuere

Mineralbildungen ausgefüllt sind, wodurch dann die ganze Masse zuweilen das Ansehen von einem Backwerke mit eingeschlossenen Mandeln erhält. Mandelsteinartige Gesteine sind stets aus blasigen entstanden. Jedes mandelsteinartige

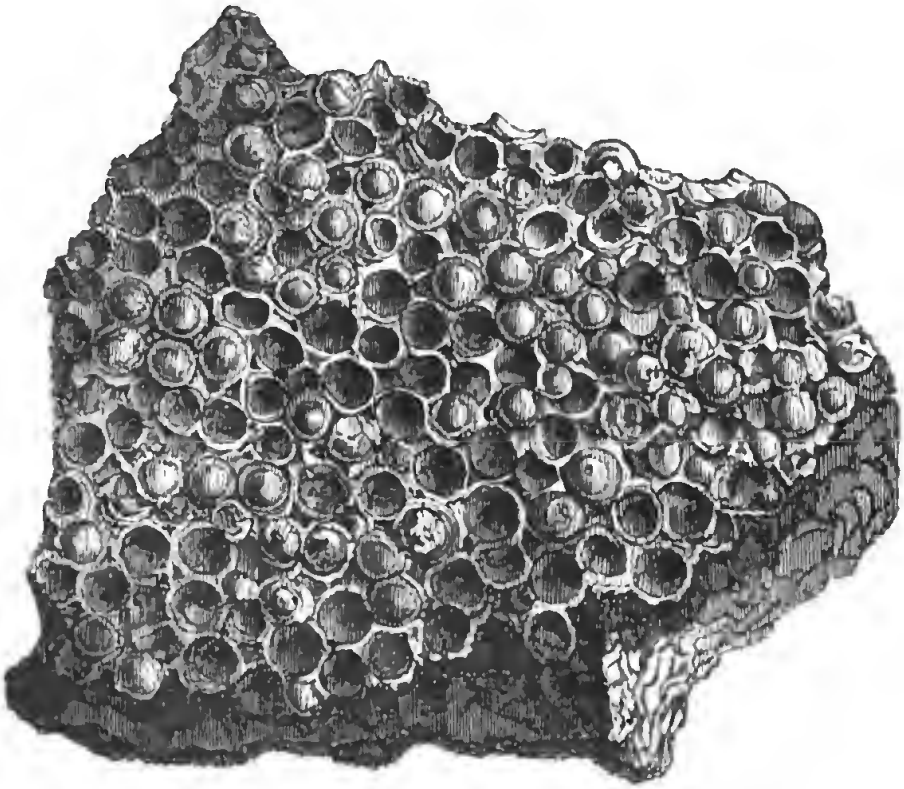


Abb. 9. Erbsenstein (Rogenstein) aus Karlsbad.

Gestein wird Mandelstein genannt, da aber die Grundmasse der Mandelsteine sehr verschieden ist, so hat man womöglich immer eine nähere Bezeichnung derselben hinzuzufügen. Man spricht z. B. von Basaltmandelsteinen oder basaltischen Mandelsteinen, Melaphyrmandelsteinen ꝛc.

i) Die poröse oder zellige Struktur

unterscheidet sich nur dadurch von der blasigen Struktur, daß die Hohlräume andern Ursprungs sind, namentlich entstanden durch Auswitterung.

j) Die oolithische oder Rogensteinstruktur (s. Abb. 9).

Die oolithisch struierten Gesteine bestehen aus einer Reihe von Konkretionen, Kugeln, aus konzentrischen Schalen oder aus radialen Strahlen zusammengesetzt, die durch ein oftmals kaum merkliches Bindemittel miteinander verbunden sind. Ihre Entstehungsweise ist eine sehr verschiedene.

k) Die sphärolithische Struktur

ist eine mit der oolithischen nahe verwandte. Sie ist die Folge eines Erstarrungsprozesses und besteht darin, daß gleichartige (sphärolithische Struktur) oder ungleichartige (pseudosphärolithische Struktur) nadelförmige Mineralien sich um einen Kern radial anordnen. Die dadurch entstehenden Kugeln zeigen sehr häufig eine scharfe Grenze gegen die übrige Gesteinsmasse.

Eine Modifikation der sphärolithischen Struktur ist die variolithische Struktur, bei der die genannten Kugeln aus unregelmäßig durcheinanderliegenden Körnchen und Nädelchen gebildet werden. Wenn diese Kugeln infolge der Verwitterung an der Gesteinsoberfläche zutage treten, so bekommt dieselbe ein blatternartiges Aussehen, was auch den Namen variolithische Struktur erklärt.

l) Die Fluidalstruktur (s. Abb. 10).

Diese Strukturform, die seltener makroskopisch, häufiger dagegen mikroskopisch wahrgenommen werden kann, besteht darin, daß die meist mikroskopischen Kristalle und Mikrolithe mit ihrer Längsachse parallel angeordnet in Strömen und Schwärmen durch das ganze Gestein verteilt sind und die größeren Ausscheidungen umfließen oder sich an denselben spalten, als ob sich diese größeren Individuen ihrer Bewegung in den Weg gestellt hätten.

Damit hätten wir die wichtigsten Strukturformen, die an den kristallinischen Gesteinen auftreten, betrachtet; es er-

Digitized by Google

übrigt uns noch, einige wenige nur bei den klastischen Gesteinen vorkommende Strukturen zu erwähnen. Vorher sei aber noch darauf aufmerksam gemacht, daß alle diese aufgeführten

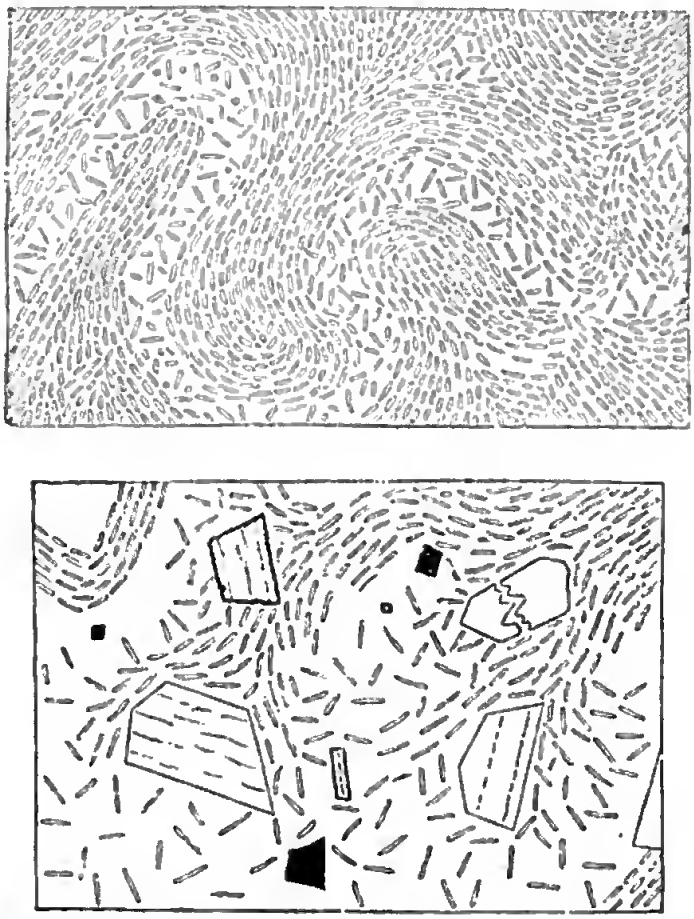


Abb. 10. Gesteinsdünnschliffe, die Fluidalstruktur zeigend.

Strukturarten nicht nur vereinzelt, sondern zuweilen mehrere vereint an einem Gesteine vorkommen; so kann z. B. ein porphyrartiges Gestein manchmal schiefrig sein ꝛc.

m) Die psephitische Struktur.

Bei der psephitischen Struktur, die wie die folgenden nur bei klastischen und nur mechanisch verbundenen, d. h. aus Bruchstücken von Mineralien und anderen Gesteinen

bestehenden Felsarten sich findet, unterscheidet man, je nach der Art und Weise der Ausbildung dieser Gesteinsbruchstücke, folgende zwei Modifikationen:

1. Die konglomeratartige Struktur (s. Abb. 11), bei der die verbundenen Teile aus größeren abgerundeten Geschieben und Rollstücken bestehen, und

2. die breccienartige Struktur (s. Abb. 12), bei der die verbundenen Teile aus eckigen Bruchstücken von Gesteinen oder Mineralien bestehen, die, wie dies auch bei den die

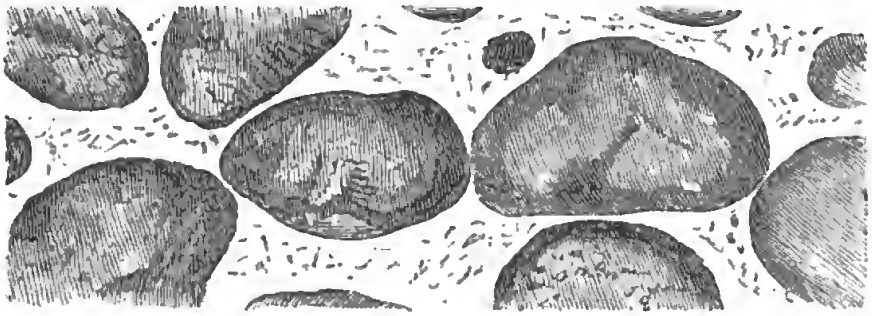


Abb. 11. Ein Konglomerat mit ziemlich dichtem Bindemittel.

vorgenannte Struktur zeigenden Gesteinen der Fall ist, durch irgend ein Bindemittel mechanisch miteinander verkittet sind. Zu erwähnen ist der Umstand, daß gewisse in den Konglomeraten vorhandene Gerölle oftmals Erscheinungen aufweisen, die darauf schließen lassen, daß dieselben während oder nach der Bildung einem starken Drucke ausgesetzt worden sind.

n) Die psammitische oder die Sandsteinstruktur.

Die zusammensetzenden Bestandteile sinken von Erbsengröße bis zur Grenze der mit freiem Auge wahrnehmbaren Dimensionen herab. Manchmal gehören die Körner einem einzigen Minerale an (Quarz), häufig aber verschiedenen Mineralien und Gesteinen. Da das Bindemittel oft sehr zurücktritt und die einzelnen Bruchstücke zuweilen auch eine sehr scharfkantige Gestalt besitzen, so ist eine Verwechselung mit einem kristallinischen Gesteine leicht möglich.

o) Die pelitische Struktur.

Pelitisch struiert sind alle diejenigen Gesteine, die aus staub- und schlammähnlichen Teilchen älterer Gesteine zusammengesetzt sind. Die hierhergehörigen Gesteine zeigen meist noch die schiefrige Struktur daneben (Tonschiefer, Schiefertone).

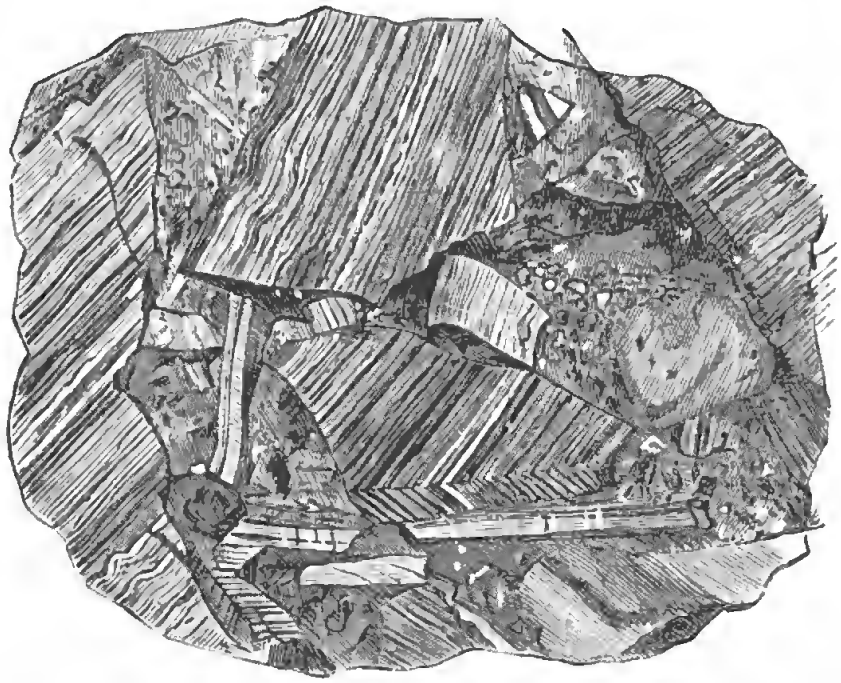


Abb. 12. Eine Breccie, gebildet durch Stücke von Bandachat; diese Breccienart wird Trümmerachat genannt.

Dialytische und limmatische Gesteine nennt man die Zersetzungsprodukte anderer kristallinischer oder klastischer Gesteine, so die Tone, Kaoline 2c.

Schutt, Gerölle, Geschiebe, Gruse, Sande. Unter diesen Bezeichnungen versteht man lose und nicht durch ein Zement verbundene Bruchstücke älterer Gesteine. Dahin gehören auch die losen Auswurfsprodukte der Vulkane, Aschen und Lapilli.

Dritter Abschnitt.

Der Vulkanismus im engeren Sinne und die eruptiven Gesteine.

Der Vulkanismus umfaßt die Gesamtheit aller derjenigen Erscheinungen, die nach unseren Ansichten oder gemäß unseren Erfahrungen mit dem Vorhandensein glutflüssiger Materie unterhalb, vielleicht auch innerhalb der festen Gesteinshülle der Erde im Zusammenhange stehen. Dahin gehören neben der Tätigkeit der eigentlichen Vulkane auch diejenigen Vorgänge, die man Erdbeben nennt, dann die gebirgsbildenden Kräfte und die heißen Quellen. Man unterscheidet darum zwischen einem Vulkanismus im engeren Sinne, der lediglich die Tätigkeit der Vulkane selbst in den Bereich seiner Betrachtungen zieht, und einem solchen im weiteren Sinne, in dessen Rahmen auch die soeben erwähnten Naturerscheinungen gehören, sowie die Erörterung der gemeinschaftlichen Ursachen dieser Dinge.

Wir werden an dieser Stelle zunächst nur die zum Vulkanismus im engeren Sinne gehörigen Dinge behandeln.

Die Vulkane.

Als Vulkane bezeichnen wir mit Supan jede Erdstelle, die mit dem Erdinnern durch einen Kanal in Verbindung steht, aus dem heißflüssiges Gesteinsmaterial zutage gefördert wird oder gefördert wurde. Es ist also durchaus nicht nötig, daß der Vulkan ein Berg ist, denn manche Vulkane erheben sich kaum wenige Meter über die Erde, wie die nachher zu besprechenden Maare. Die Vulkanberge werden meistens von den Vulkanen selbst aufgebaut, und zwar vermittels des von ihnen zutage geförderten Materials.

Unter tätigen Vulkanen versteht man solche, die seit historischen Zeiten tätig gewesen sind, unter erloschenen die-

jenigen, die seit Menschengedenken keine Eruption mehr gehabt haben. Zu der ersten Abteilung gehören z. B. der Vesuv, der Ätna, der Stromboli und andere mehr, in die zweite dagegen z. B. der Mosenberg in den Rheinlanden und die Maare der Eifel.

Die Vulkane sind im allgemeinen an denjenigen Stellen der Erdoberfläche anzutreffen, wo durch Dislokationen, durch Brüche das Gefüge der Erdkruste gelockert und somit dem

Abb. 13. Maar, Lac du Bouchet bei Le Puy in Zentralfrankreich.

Magma der Weg aus der Tiefe geöffnet worden ist. Solche die Erdrinde zerreißende Linien bezeichnet man auch als Bruchspalten. So ist beispielsweise das Becken des Stillen Ozeans von solchen gewaltigen Dislokationen umsäumt, und die Gestade des Pacifik sind daher mit Vulkanen besetzt. Das Magma scheint jedoch die Fähigkeit zu besitzen, zuweilen auch ohne vorhandene Spalte an die Erdoberfläche heraufzudringen und sich durch die seinen Herd von dieser trennenden Gesteinsmassen hindurchfressen zu können, wie dies in neuerer Zeit in verschiedenen Vulkangebieten festgestellt worden ist.

Dies ist besonders bei den Maare genannten Vulkanen der Fall (Abb. 13). Diese sind kessel- oder trichterförmige mit Wasser gefüllte Vertiefungen von meist kreisrunder Gestalt im Erdboden, Embryonalvulkane, das erste Entwicklungsstadium eines Vulkans, der nur eine einzige Eruption hatte.

Abb. 14. Vulkanische Bombe vom Weinberg, Laacher Seegebiet. Nach R. Brauns.

Das Magma im Erdinnern ist mit allerlei Gasen beladen, die bei Druckentlastung dem nur sehr viel langsam aufsteigenden glutflüssigen Gesteinsbrei voraneilen und bei ihrem Hervortreten an die Oberfläche eine Explosion erleiden müssen, die den Maartrichter oder Maarkessel hervorbringt. Diese

Abb. 15. Vulkanische Bombe vom Vesuv. Nach R. Brauns.

Gas- und Dampfmassen reißen aus dem aufsteigenden Magma größere und kleinere Teile nach oben, wirbeln dieselben hoch

in die Luft hinauf, wo dieselben rasch erkalten, in der Nähe der Auswurfsöffnung niederfallen und hier je nach der Dauer und Gewalt der explosiven Tätigkeit um die Umrandung des Maars eine Umwallung von verschieden großer Höhe und Mächtigkeit auftürmen werden. Feinere Teile dieser Auswurfsmassen nennt man vulkanische Sande und Aschen, gröbere, erbsengroße und noch größere Lapilli, Schlacken, ganz große Bomben (Abb. 14 u. 15).

Abb. 16. Der Vesuvkrater im April 1888.

Die Maare besitzen zuweilen einen sehr beträchtlichen Umfang, so z. B. das Pulvermaar in der Eifel 735 Meter größten Durchmesser und 96 Meter Tiefe. Sie sind auf Erden weitverbreitete Erscheinungen und finden sich außer der Eifel noch besonders schön und zahlreich in der schwäbischen Alb (Umgegend von Urach), in der Auvergne, in Italien, auf Madagaskar u. s. f. Ihre Bildung ist von der Gesteinsbeschaffenheit ihres Untergrundes ganz unabhängig.

Dauert an einer Ausbruchsstelle die vulkanische Tätigkeit länger an und wiederholt sie sich des öfteren, dann wird aus den ausgeworfenen Aschen, Lapilli und Schlacken, die mit dem ausgetretenen Magma, den Laven, untermengt sind, ein durch wechsellagernde Schichtung aller dieser Materialien mehr oder weniger hoher Vulkankegel herausgebildet. Auf seinem Scheitel befindet sich dann eine kreisrunde Öffnung, der Krater (Abb. 16). So entsteht ein geschichteter oder ein Stratovulkan; die nachstehende Abbildung 17 zeigt einen idealen Durchschnitt durch einen solchen. Man sieht den Krater und den teilweise mit Lava angefüllten Ausbruchs-

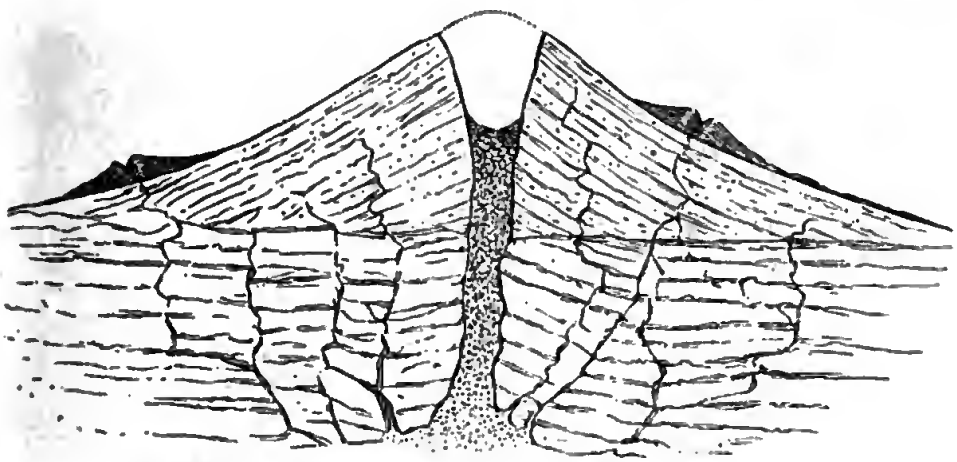


Abb. 17. Durchschnitt durch einen Stratovulkan.

kanal, ferner die aus verschiedenem Material bestehenden und nach außen hin abfallenden Schichten des Kegels, auch auf dem Gehänge dieses letzteren kleine Nebenkegel, von denen nachher noch die Rede sein wird.

Die Kegelgestalt ist die naturgemäße Form der Vulkane. Mögen sie auch durch spätere Ausbrüche Veränderungen erleiden, mögen sie mehr oder weniger vom Zahn der Zeit angenagt werden, es bleibt in der Regel doch die ursprüngliche Kegelgestalt mehr oder weniger gewahrt. In geschwungener Linie verflacht sich allmählich die Böschung von oben nach unten, oftmals Gehänge von 30 bis 35° zeigend, am Fuße des Berges auf 6 bis 12°, zuweilen sogar auf 3° zurückgehend.

Die Höhe der Vulkane ist eine sehr verschiedene, der höchste tätige Vulkan der Erde, der Chimborazo, streckt seinen vereisten Gipfel 6310 m hoch in die Lüfte, die Meereshöhe des Cotopaxi beträgt 5943, diejenige des Ätna 3279, die des Vesuvs etwa 1250 m. Einer der berüchtigtsten Feuerberge der Erde, der Coseguina in Nicaragua, ist nur 162 m hoch. Allerdings darf man bei so gewaltigen Vulkankegeln wie der Chimborazo oder der Cotopaxi deren

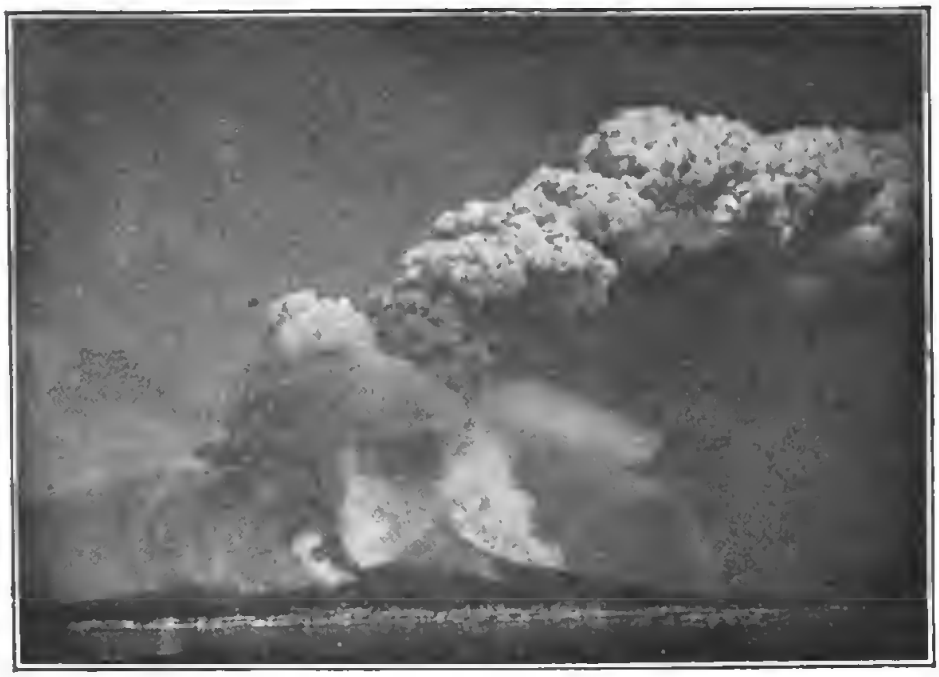


Abb. 18. Vesuvausbruch im April 1872.

Höhe nicht ganz allein auf Rechnung vulkanischer Tätigkeit setzen, zumal diese Berge sich schon an in beträchtlichen Meereshöhen der Anden Südamerikas belegenen Stellen erheben. Immerhin fällt aber doch noch ein ganz beträchtlicher Anteil davon der Wirkung der vulkanischen Kräfte zu.

Bei der Eruption eines Vulkans lassen sich gewöhnlich drei aufeinanderfolgende Tätigkeitsäußerungen unterscheiden. Die erste derselben besteht in lokalen Bodenerschütterungen, in starkem unterirdischen Getöse, Aufreißungen von Spalten,

starken Ausströmungen von Gasen usw. Tritt die zweite Tätigkeitsäußerung ein, so öffnet sich der Krater, das denselben erfüllende Material wird hoch in die Luft geschleudert, und diese Ausschleuderungen von Schlacken und Aschen dauern oft mehrere Tage lang. Indem diese Ausschleuderungsprodukte auf den Berg und auf dessen Umgebung niederfallen, pflegen sie den Berg um eine neue Schicht zu vergrößern oder an dessen Fuß mächtige Anhäufungen zu bilden,

Abb. 19. In Bildung begriffene Lateralkegel beim Ätnaausbruch im August 1892.

die schon ganze Ortschaften verschüttet haben, wie z. B. Pompeji und Herkulaneum ums Jahr 79 n. Chr. Geburt. Die Aschensäule und Rauchwolken, die der Cotopaxi bei seiner Eruption im Juni 1877 ausstieß, sollen 8000 bis 10000 m hoch in die Atmosphäre aufgestiegen sein, diejenigen des Vesuvs haben des öfteren über 3000 m erreicht (Abb. 18). Die dritte Eruptionstätigkeit besteht im Ausfließen der Lava. Bricht die Lava aus dem Gipfel des Vulkans hervor, so entstehen sogenannte Gipfeleruptionen; tritt sie dagegen durch Aufreißen einer Spalte an den Gehängen des Kegels auf, so redet man von Seiteneruptionen. So sind beispielsweise Gipfelausbrüche beim Ätna geradezu eine Seltenheit;

von 80 Eruptionen dieses Vulkans sind ungefähr 60 Seitenausbrüche, die in verschiedenen Höhen an seinen Flanken austreten, meistens zwischen 800 und 2000 m Meereshöhe. Dabei bilden sich dann auf den Eruptionsspalten die schon vorhin erwähnten Nebenkegel oder Lateralkegel (Abb. 19). Es gibt wenige größere Vulkane auf Erden, die diese Gebilde

Abb. 20. Die Monti Rossi bei Nicolosi, Lateralkegel des Ätna.

nicht hätten; so haben sich bei der Eruption des Vesuvs im Jahre 1705 am südlichen Fuße dieses Berges fünf solcher Nebenkegel gebildet, alle auf einer Linie, die nach oben hin verlängert seinen Scheitel treffen würde. [Und, bei dem großen Ätnaausbruch im Jahre 1669 klaffte am Gehänge des Vulkans eine etwa 20 km lange, aber durchschnittlich nur 2 m breite Spalte auf, auf der innerhalb weniger Tage die Monti Rossi aufgetürmt wurden (Abb. 20). Es sind dies zwei kegelförmige Hügel, welche die in ihrer Nähe be-

sindliche Stadt Nicolosi um etwa 324 m überragen. Dabei sind gewaltige Lavamassen zutage gefördert worden.

Abb. 21. Lateralkegel an den Gehängen des Ätna.

Die Abhänge des sizilianischen Vulkans sind mit solchen Lateralkegeln geradezu übersät, und man kann deren hier viele Hunderte zählen (Abb. 21).

Auch im Ruhezustand, d. h. in dem zwischen zwei Eruptionen liegenden Zeitraume, hört die Exhalationstätigkeit der Vulkane nicht auf. Es entweichen mit allerhand Gasen gemischte Wasserdämpfe, dann findet die sogenannte Fumarolentätigkeit statt, oder der Vulkan stößt Schwefelwasserstoff und schweflige Säure in größerer Menge aus, ein Vorgang, den man die Solfatarentätigkeit nennt, oder es kommen endlich Exhalationen von Kohlensäure vor, die Mofettentätigkeit. Letztere Erscheinung hält unendlich lange an, selbst wenn die vulkanische Tätigkeit längst abgeschlossen ist. So strömen heute noch beträchtliche Kohlensäuremengen in der Umgebung der einer vergangenen geologischen Epoche angehörigen Vulkane der Eifel aus der Erde heraus. Die Zeitdauer der Ruhe eines Vulkans ist sehr verschieden. Der Stromboli auf den Liparen hat nur viertelstündige Intervallen zwischen jeder Eruption, während anderseits der Epomeo auf Ischia seit Menschengedenken nur eine einzige Eruption hatte, und zwar 1302. Der Vesuv galt bis zum Jahre 79 n. Chr. Geburt für einen erloschenen Vulkan; dann hatte er nach der in eben diesem Jahre stattgefundenen, von Plinius dem Jüngern so meisterhaft geschilderten Eruption fast säkulare, ja sogar mehrhundertjährige Intervalle, die gegenwärtig meist nur noch drei- bis vierjährige und noch geringere sind.

Wenn die Ruhepause eines Vulkans sehr lange Zeit hindurch andauert, so unterliegt sein Kegel den zerfressenden und zersetzenden Eigenschaften der beim Solfatarenzustand arbeitenden Gase. Dadurch wird der Vulkankegel allmählich abgetragen, die an seinen Wandungen hinabrinnenden Atmosphärilien reißen mit der Zeit Schluchten in seine Flanken ein, und aus dem ehemals stolz in die Lüfte aufragenden Berg entsteht ein von hohen Wänden umrahmtes Kesseltal, eine Caldera, das durch einen oder mehrere Einrisse, die man Barrancos nennt, nach außen hin geöffnet ist. Beide Bezeichnungen stammen vom Vulkan der Insel San Miguel de la Palma auf den Kanaren her. Tritt bei einem Vulkan plötzlich die Ausbruchstätigkeit wieder auf, dann erfolgen

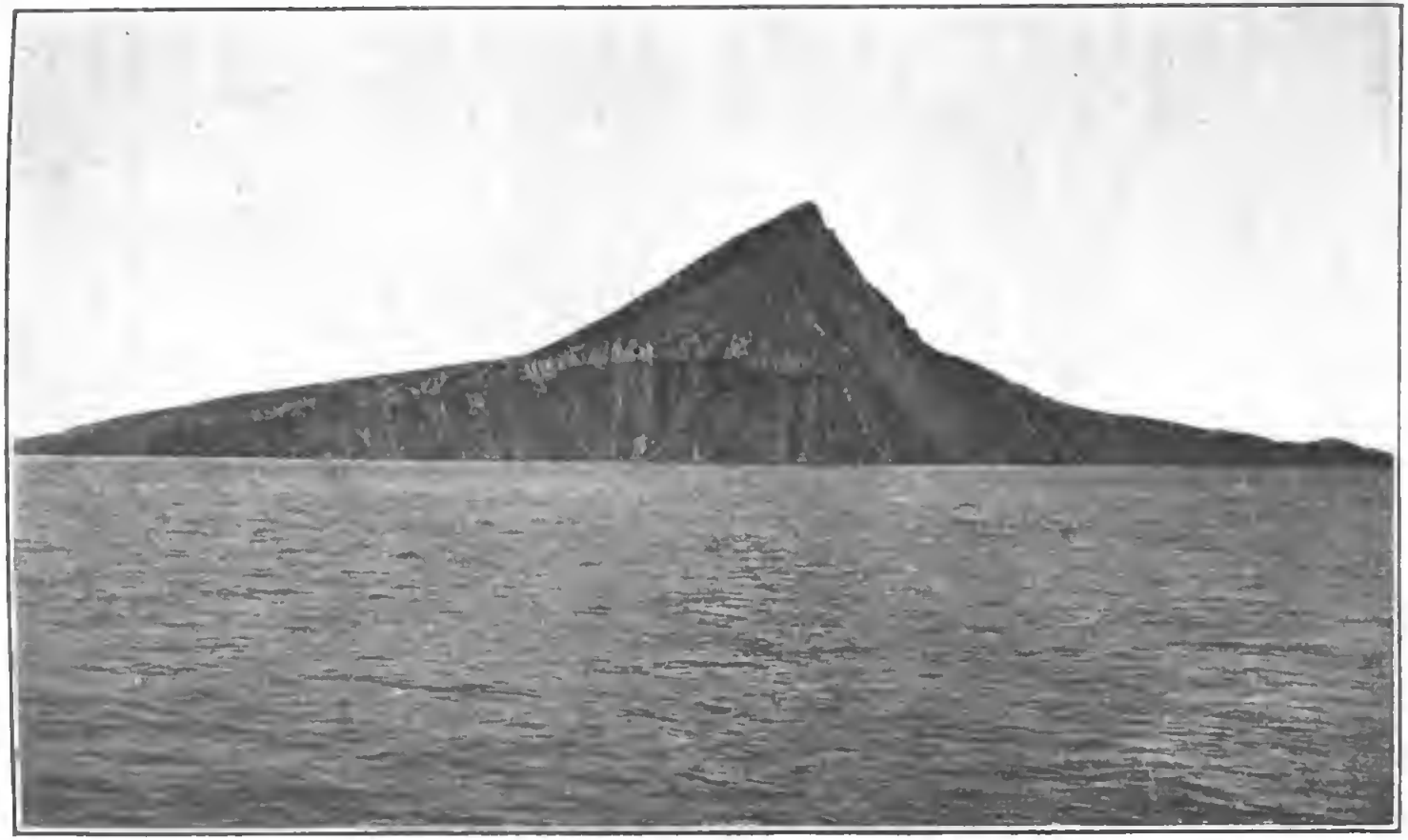


Abb. 22. Der aufgerissene Kegel des Krakatoa in der Sundastraße, nach dem Ausbruch vom Mai 1883.

bisweilen gewaltige katastrophenartige Ausbrüche. Das war beispielsweise der Fall beim Krakatoa in der Sundastraße, der seit 1680 sich im Ruhezustand befand. Am 20. Mai 1883 trat dieser Berg ganz unerwarteterweise in ein neues Eruptionsstadium ein, und eine großartige Explosion erfolgte, die den einen Teil des Vulkans zusammenriß. Die 11000 m hoch aufgestiegene Aschensäule verbreitete sich in einem Umkreis von 500 km, und das dabei geförderte Material, das in weitem Umkreis große Anhäufungen bildete, soll an 18 ckm Inhalt besessen haben. Der Lärm und das Getöse der Eruption sind auf einem etwa dem 15. Teil der Erdoberfläche entsprechenden Flächenraum wahrgenommen worden; in einer Entfernung von 3000 km, an Orten, die so weit vom Berge abliegen wie Jerusalem von Paris, konnte man sie noch deutlich hören. Man will es sogar auf den südlich von Cuba belegenen Caiman-Inseln, den Antipoden des Krakatoa, vernommen haben und hat behauptet, die Schallwellen hätten sich durch die Massen des Planeten hindurch fortgepflanzt (Abb. 22 u. 23).

Flammenerscheinungen, auf entzündete Wasserstoff- und Kohlenstoffmassen zurückzuführen, sind des öfteren bei vulkanischen Eruptionen beobachtet worden, ebenso gewitterartige Erscheinungen, vulkanische Gewitter, von den gewöhnlichen durch den Mangel an Hagelschlag unterschieden. Die aus dem Vulkanschlot heraustretenden Wasserdämpfe sind mit positiver, die mit herausgewirbelten Aschenteilchen mit negativer Elektrizität geladen, wodurch stetige Detonationen und Blitze erzeugt werden, auch gewaltige Regengüsse. Wenn diese auf das Gehänge des Berges niederfallen, reißen sie die Aschenteilchen mit sich zur Erde und treffen hier weiteres loses Material an, das sie mit sich fortwälzen und so einen breiartigen Schlammstrom hervorbringen, der an steilen Gehängen mit rasender Geschwindigkeit hinabfließen und gewaltige Verwüstungen anrichten kann. Ein derartiger Strom hat im Jahr 79 Herkulaneum begraben.

Werden auf gewissen hohen Vulkanen Islands oder der Anden die darauf lagernden Schnee- nnd Eismassen teilweise durch Eruptionsvorgänge geschmolzen, so kommen eben-

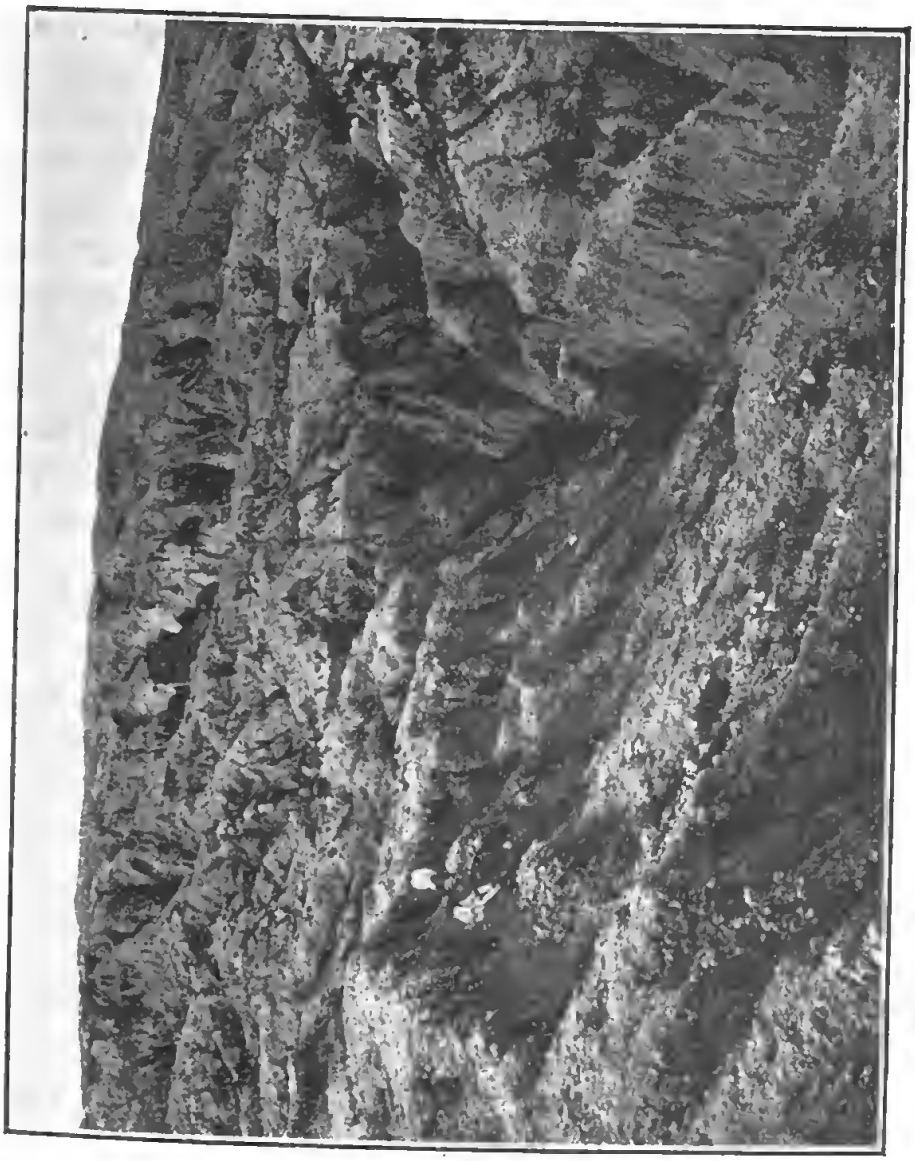


Abb. 23. Bimssteinfelder des Krakatoa nach dem Ausbruch vom Mai 1883.

falls derartige Mojaströme oder Schlammeruptionen zur Ausbildung.

Mit der Zerstörung des Berges nach einer derartigen heftigen Explosion hat die vulkanische Tätigkeit nicht immer ihr Bewenden. Dauert diese an, so bildet sich ein neuer Berg an der Stelle des alten, und zwar so, daß, wenn der erstere

seinen Schlot über denjenigen des alten Vulkans aufbaut, ein von den übriggebliebenen Teilen des früheren eingefaßter jüngerer Kegel entsteht. Ein treffendes Beispiel dafür ist der Vesuv. Hier hat sich im Zentrum des älteren, im Norden und Nordosten noch erhaltenen prähistorischen Vulkans, der Somma, seit der ersten geschichtlichen Eruption im Jahre 79 n. Chr. ein neuer Kegel, der heutige Vesuv aufgetürmt. Ein derartiger Doppelvulkan trägt nach diesem typischen Vorkommen den Namen eines Sommavulkans, und zwar eines konzentrischen Doppelberges. Der Sommatypus ist bei den Feuerbergen der Gegenwart ein sehr häufiger.

Kommt jedoch die neue Ausbruchsöffnung nicht mehr an die Stelle der früheren zu liegen, sondern wird verschoben, wie beispielsweise beim Ätna, wo der neue Krater sich auf die Umwallung des früheren aufgesetzt hat, dann kommt ein exzentrischer Doppelvulkan zum Ausdruck.

Kleine, meist nur aus losen Auswurfsmassen zusammengesetzte Vulkankegel, bei denen zuweilen auch nach ihrer Aufschüttung Lavamassen ausgeflossen sind, die dann den Berg an einer oder auch an mehreren Seiten aufrissen, um sich einen Ausweg ins Freie zu verschaffen, nennt man nach ihrem typischen Vorkommen in der Auvergne (Zentralfrankreich) Puys. Dieser Puytypus stellt die kleinste Abart von Vulkanen dar. Mehrer solcher Puys stehen zuweilen aneinandergereiht oder sind ineinandergeschachtelt, ein Beweis dafür, daß allmählich eine geringe Verschiebung des Feuerschlots stattgefunden hat.

Der Hawaiitypus der Vulkane umfaßt flache, aber sehr hohe Kegel, die im wesentlichen nur durch den Austritt sehr dünnflüssiger Lavamassen entstanden sind, ohne irgendwelchen größeren Beitrag durch lose Auswürflinge. Diese Vulkanabart ist äußerst selten und fast nur auf die Sandwichsinseln beschränkt, wo sich die an 4000 m hohen, äußerst gering geböschten Vulkane Mauna Kea und der noch eine großartige Tätigkeit entfaltende Mauna Loa erheben.

Man kennt ferner Vulkane, die lediglich aus großen Spalten bestehen, aus denen sich Lavamassen ergießen. Dieser Spalten- oder Plateautypus ist in der Gegenwart besonders schön auf Island entwickelt, war aber bei den vorweltlichen Vulkanen sehr verbreitet, wo er ausgedehnte plateauartige Lavaergüsse schuf. Das feurigflüssige Material fließt entweder unmittelbar aus der Spalte heraus (Beispiel: die Eldgjaspalte), oder es sitzen reihenweise eine größere Menge kleiner Vulkankegel von 2 bis 100 m Höhe auf der Kluft auf, denen die Laven entströmen (Beispiel: Spalte der Lakiberge).

Submarine Eruptionen, Vulkane, die unter dem tiefen Wasser des Ozeans verborgen sind, gibt es zweifellos, wenn es bisher der Wissenschaft auch noch nicht gelang, die genaue Lage eines derartigen submarinen Feuerschlotes festzustellen. Eruptionen, die in geringeren Meerestiefen stattfanden, so daß die glutigen Massen bis über die Wasseroberfläche auftauchen konnten, sind bekannt. An der Südküste Siziliens hat die vulkanische Insel Ferdinandea mehrfach ihr feuriges Felsenhaupt über den Meeresspiegel emporgereckt, der Georgios bei Santorin (Zykladenarchipel) ist zischend und fauchend aus den Fluten heraufgestiegen und hat sich einen dauernden Platz über denselben erobert und sogar Lavamassen aus seinem Krater ausgesendet. In der Beringsee kam seit 1796 zu wiederholten Malen eine dampfende Gesteinsmasse zum Vorschein, welche die Bogoslofinseln gebildet hat, zum letzten Male in größerem Maße 1883, wo der „Grewingkvulkan" innerhalb kurzer Zeit durch stetigen Nachschub von unten her zu einem spitzen, an 1200 Fuß hohen Kegel heranwuchs. Auch aus größeren Meeresabgründen steigen dann und wann vulkanische Gebilde über Wasser auf. Das ist im Archipel der Azoren der Fall gewesen, wo sich fünfmal seit 1658, zum letzten Male im Jahre 1811 eine bald nachher aber wieder von den Wogen zerstörte Insel, Sabrina, zeigte. Lotungen an der Stelle des nunmehr verschwundenen Eilandes haben 3500 Fuß Tiefe ergeben.

Die geographiſche Verteilung der Vulkane.

Man kennt kein allgemeines Geſetz der Verteilung der Vulkane auf unſerer Erde. Dieſelben ſind vielmehr ganz unregelmäßig verteilt in beiden Hemiſphären, ſowohl in den Äquatorialgegenden als auch in den gemäßigten Zonen und in der Nähe der Pole. Die tätigen Vulkane finden ſich faſt nur in der Nähe des Meeres, an den Küſten oder auf den Inſeln im Meere. Sie kommen meiſt zu mehreren in Reihen oder Gruppen vor. Solche Vulkanreihen haben oftmals eine ganz beträchtliche Ausdehnung und ſtehen mit den ſog. Bruchlinien der Kontinente (ſiehe die Urſachen des Vulkanismus) Seite 74 in innigem Konnexe.

Die Anzahl der tätigen Vulkane iſt eine ſehr große und beläuft ſich auf viele Hunderte. Es ſind wohl auch noch nicht die ſämtlichen noch tätigen Vulkane unſerer Erde bekannt, und es geſellen ſich ſtets neue hinzu, ſo der Vulkan von Leon in Nicaragua, der am 14. November 1867 entſtand.

Laven. Die in glutflüſſigem Zuſtand aus dem Erdinneren herausgequollenen Geſteinsmaſſen nennt man Laven; alſo nicht nur dasjenige Material, das gegenwärtig gefördert wird, ſondern auch alle Geſteine, die aus einem ehemaligen Vulkan herausgefloſſen ſind. Da alle Eruptivgeſteine unſerer Erde ſich einmal in einem ſolchen glutflüſſigen Zuſtand befunden haben, ſo ſind ſie demnach Laven, allerdings mit einer ſpäter noch näher zu erörternden Einſchränkung. Daß die loſen Auswurfsmaſſen der Vulkane, die Aſchen, Lapilli uſſ. nur zerſpratzte und von den aufſteigenden Gaſen mitgeriſſene Lavateile ſind, iſt bereits (Seite 28) erwähnt worden.

Die mineraliſche Zuſammenſetzung der Laven kann eine ſehr verſchiedene ſein; ſogar bei den Laven ein und desſelben Vulkans bleibt ſich dieſelbe nicht immer gleich. Durch äußerſt komplizierte chemiſch-phyſikaliſche Vorgänge im Magma kann ſich dieſes in eine Anzahl von Schmelzflüſſen ſpalten und die Entſtehung von ſehr verſchiedenartigen Laven

verursachen. Aus dem Studium der vorweltlichen Laven hat man gelernt, daß unter verschiedenen physikalischen Bedingungen Gesteine von sehr verschiedener mineralischer Zusammensetzung zur Ausbildung gelangen können, und daß auch bezüglich der Struktur dieser Gesteine die im Magma vorhandenen gasförmigen Substanzen, die *Mineralbildner*, eine wichtige und wesentliche Rolle zu spielen berufen sind. Daß übrigens auch im Magma, schon bevor es den Vulkanschlot verläßt, gewisse Kristallisationsvorgänge stattfinden, zeigen die vielen wohlausgebildeten Kristalle, welche die Laven schon in fertigem Zustande bei ihrem Ergusse enthalten, beispielsweise die schönen in den Vesuvlaven eingebackenen Leuzitkristalle.

Die hauptsächlichsten Bestandteile der Laven sind: Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Eisenoxydul, Magnesia, Kalk, Kali, Natron und daneben noch eine Anzahl untergeordneterer Stoffe, als: Phosphor- und Titansäure, Schwefel, Zirkon, Baryum, Strontium, Wasser, Mangan, Nickel, Chrom, Arsen, Antimon, Chlor, Fluor, Bor, usf. Laven mit einem Durchschnittsgehalt an Kieselsäure von 65 % und darüber nennt man *saure*, solche mit 52 bis 65 % Kieselsäure *neutrale*, diejenigen mit einer 52 % nicht erreichenden Kieselsäuremenge *basische*.

Die *Temperatur der Laven* bei ihrem Austritt aus dem Vulkanschlot ist eine äußerst hohe und beträgt durchschnittlich 1000° C, eine Hitze, die gewisse Laven noch in 4 Kilometer Entfernung von ihrer Ausbruchsstelle gezeigt haben. An schon zähflüssig gewordenen Laven konnte man noch eine Temperatur von 670° C feststellen. Sobald ein Lavaerguß aus dem Eruptionskanal heraustritt, bedeckt sich seine Oberfläche sofort mit einer schlackigen Kruste. Dies ist auch an den unteren und den seitlichen Begrenzungsflächen der Lavamasse der Fall, so daß ein förmlicher Schlackensack zur Ausbildung gelangt, der die glutige Materie umhüllt (Abb. 24 u. 25). Da dieser Schlackensack ein äußerst geringes Wärmeleitungsvermögen besitzt, so vermag sein Inhalt

noch jahrelang hohe Temperaturen aufzuweisen, selbst wenn seine Oberfläche längst ganz starr und begehbar geworden

Abb. 24. Im Fließen befindlicher Lavastrom (Blocklava) am Ätna. Ausbruch vom September 1894.

ist. Eine aus dem Gipfel des Cotopaxi herausgeflossene Lavamasse vermochte die Eisbedeckung des Berges nur in sehr geringem Maße zum Schmelzen zu bringen, und Laven

Abb. 25.. Lavastrom (Fladenlava) am Vesuv.

des Ätna waren zwei Jahre nach ihrem Austritt noch so heiß, daß man sich dort, wo sich in ihrer Kruste Risse gebildet hatten, diesen kaum nähern konnte. Ein Lavastrom dieses Vulkans wies 7 Jahre nach seiner Entstehung noch 72° C Wärme auf. Wenn man in die Lage kommt, durchschnitte an Lavaströmen beobachten zu können, so zeigt sich, daß unter der glasig-porösen Schlackendecke kristallinisch entwickelte, steinartige Lava zum Vorschein kommt, die wiederum nach unten hin in die schlackige Ausbildungsweise übergeht.

Abb. 26. Basaltische Seillava, Londorf bei Gießen. Nach R. Brauns.

Die Oberfläche der Schlackendecke eines Lavastromes ist verschiedenartig ausgebildet. Bald gleicht sie einer Unmasse neben- oder übereinandergelegter Fladen (Abb. 25) oder strick- und seilartigen Gebilden (Abb. 26), oder auch sie zeigt gekröseähnliches Aussehen (Abb. 27). Läuft der Strom einen steilen Abhang hinab, und reißen dabei die Schlackenüberzüge auseinander, um in einzelne Blöcke zu zerfallen, die noch plastisch oder auch schon erhärtet übereinanderkollern, so entstehen blockartige Lavamassen. So redet man denn auch von Fladenlava, von Seillava, Gekröselava und Schollenlava usf. (Abb. 24 bis 28).

Die Bewegungsgeschwindigkeit eines Lavastromes hängt ab von der Größe der nachschiebenden Lavamassen, von ihrem Flüssigkeitsgrade und von der Neigung des Geländes. Die flüssigen Laven des Mauna Loa auf Hawaii haben bis 3,5 m Strecke in der Sekunde zurückgelegt, etwa die doppelte Schnelligkeit des Wassers großer Stromläufe in der Nähe ihrer Mündung in das Meer. Am Vesuv hat man 2,4 m in der Sekunde beobachtet, dann aber wieder auch nur 0,5 oder 0,6 m. 8 m in der Sekunde ist das bisher überhaupt beobachtete Maximum.

Abb. 27. Gekröselava, Vesuv. Nach R. Brauns.

Der Umfang der Lavaströme ist selbstverständlich auch ein sehr wechselnder. Obenan stehen die Spaltenergüsse auf Island. So hat die Lavadecke des Ódádarhaun eine Fläche von 4006 qkm überflossen, und ihre Masse würde genügen, um das ganze Königreich Dänemark 5 m hoch damit zu bedecken. Andere dortige Lavaergüsse besitzen 27 bis 30 cbkm Rauminhalt. Die beträchtlichsten Lavaströme der Gegenwart weisen sonst nur $^1/_3$ bis $^1/_2$ cbkm Masse auf. Der Strom des Vesus, der im Jahre 1794 Torre del Greco zerstörte, war 5,7 km lang, 650 m breit und durchschnittlich 13 m mächtig, besaß also etwa 15,600,000 cbm Volumen.

Schlackenschornsteine nennt man schornstein-, kegel- oder auch grottenförmige Gebilde, die durch das Aufreißen der Schlackenkruste von seiten der dem Gesteinsbrei entweichenden Gase und Dämpfe entstehen. Diese spritzen glutflüssiges Material aus dem Inneren heraus, das dann die eben erwähnten Gestaltungen annimmt (Abb. 29). Die Schlackenschornsteine treten zuweilen massenhaft auf, so die bei der Entstehung des Vulkans Xorullo in Mexiko 1759 gebildeten Hornitos, dann im Vulkangebiet des Diret-et-Tulul in Nordsyrien usf. Meist schießt aus den Schlackenschornsteinen eine Fumarole heraus, das heißt die aus dem Lavastrom sich befreienden gas- und dampfartigen Substanzen. Die Fumarolen zerfallen in verschiedene Gruppen, denn dieselbe Reihenfolge im Charakter und in der Art seiner Exhalationen, die der Vulkan im zeitlichen Sinne zeigt (Solfataren- und Mofettentätigkeit, Seite 34), zeigt er auch im örtlichen. Zunächst der Ausflußöffnung der Lava, also dort, wo sie am heißesten ist, finden wir die wasserfreien Gasemanationen, die trockenen Fumarolen. Ihre Temperatur übersteigt 500° C, und

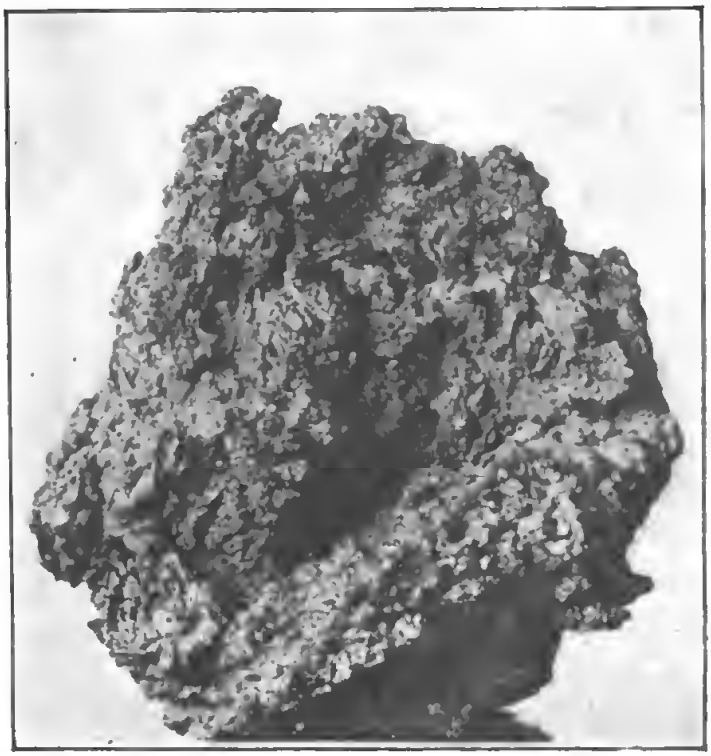


Abb. 28. Schlackige Lava, Vesuv. Nach R. Brauns.

ihr chemischer Charakter wird bedingt durch das Überwiegen von wasserfreien Chlorverbindungen, in erster Linie Chlor=

Abb. 29. Schlackenkegel am Vesuv.

natrium (Kochsalz) bis zu 94,30 %, neben Fluor, Phosphor und Brom.

Weiter abwärts auf dem Lavastrome, wo seine Temperatur bereits geringer ist, entstehen die sauren Fumarolen, aus=

gezeichnet durch salzsaure und schwefligsaure, mit großen Mengen von Wasserdämpfen untermischte Dämpfe (1 Teil dieser sauren Gase auf 1000 Teile Wasserdampf). Die Salzsäure ist in diesen Fumarolen den schwefligsauren Dämpfen gegenüber sehr im Übergewicht (10 zu 1), und die Temperatur schwankt zwischen 300 bis 400° C. Auch Emanationen von Arsen sind in den sauren Fumarolen nachgewiesen worden.

Noch weiter abwärts sind die ammoniakalischen oder alkalinischen Fumarolen anzutreffen, ausgezeichnet durch das Vorherrschen des salzsauren Ammoniaks, das sich teilweise in freies Ammoniakgas umwandelt. Daneben treten gewaltige Massen von Wasserdämpfen nnd von Schwefelwasserstoff aus diesen eine Temperatur von ungefähr 100° C aufweisenden Fumarolen auf.

Gegen das Ende des Lavastromes erscheinen die fast nur aus reinem Wasserdampf, etwa 5 % Kohlensäure und Schwefelwasserstoff bestehenden und eine unter 100° C bleibende Temperatur besitzenden kalten Fumarolen. Die äußersten Vorposten bei den Gasaushauchungen der Laven bilden schließlich die reinen Kohlensäurefumarolen oder Mofetten. Fumarolen mit besonders starken Mengen von Borsäure sind auch bekannt, so die Soffioni der Toscana und der Krater von Volcano auf den Liparen in den zwischen seinen Ausbrüchen belegenen Intervallen. An diesen Stellen wird die Borsäure in größeren Mengen gewonnen. Alle hier genannten Gase und Dämpfe sind bereits in den heißesten Fumarolen vorhanden, werden aber von den für diese bezeichnenden und vorherrschenden Stoffen zurückgedrängt. Diese letzteren verschwinden nach und nach, wie beispielsweise in den trockenen Fumarolen die Chlornatriumdämpfe, weil diese Substanz bei sinkender Temperatur nicht mehr in flüchtigem Zustand bestehen kann, um anderen die Vorherrschaft zu überlassen, die dann ihrerseits wieder so lange, als es die Temperatur gestattet, dominieren. Aus trockenen Fumarolen werden also im Laufe der Zeit saure, usf.

Homogene Vulkane. Sehr zähflüssige Laven stauen sich zuweilen glockenförmig oder kuppenförmig auf, indem sie als Ganzes aus dem Vulkanschlot heraustreten. Diese Kuppen haben, weil sie gewissermaßen aus einem Gusse entstanden sind, den Namen homogene Vulkane erhalten. Man bezeichnet sie auch als Quellkuppen oder auch als Staukegel. Gute Beispiele dafür sind der Hohentwiel im Hegau, eine phonolithische Quellkuppe, und die basaltischen und andesitischen Kuppen des Siebengebirges am Rhein (Abb. 30 u. 31). Der bereits auf Seite 39 erwähnte Vulkan Georgios auf Santorin ist ebenfalls ein homogener Vulkan, und ebenso dürfte die eigentümliche Felsnadel, die nach dem Paroxysmus des Mont Pelé im Jahre 1902 aus dem Krater dieses Vulkans sehr rasch 375 m hoch herausgewachsen ist, hierher gehören. Sie bestand aus andesitischer Lava und wurde aus dem Schlot herausgepreßt wie Pasta aus einer Tube.

Einteilung der eruptiven Gesteine.

Auf Seite 40 haben wir gesagt, daß alle Eruptivgesteine einmal Laven gewesen seien, aber mit einer Einschränkung. Es gibt nämlich eine Reihe eruptiver Gesteine, die aus dem Erdinnern emporgestiegen sind, ohne jemals die Erdoberfläche erreicht zu haben, die höhlenartige, unregelmäßig gestaltete Räume innerhalb der Erdfeste erfüllten oder von Spalten her auf Schichtfugen zwischen die Sedimentärmassen eingedrungen sind. Sie stehen in keinerlei notwendiger Beziehung zu Vulkanen und Kratern, können auch demnach niemals von lockerem Auswurfsmaterial, von Tuffen begleitet werden. Man nennt dergleichen eruptive Gesteine Tiefengesteine oder plutonische Gesteine. Die Tiefengesteine sind mit wenig lokalen, auf Randerscheinungen zurückzuführenden Ausnahmen holokristallin entwickelte, d. h. sie bestehen aus lauter kristallinischen, wenn auch nicht immer kristallographisch begrenzten Mineralindividuen, während für die übrigen Eruptivgesteine die porphyrische

Abb. 30. Der Hohentwiel im Hegau, ein homogener Vulkan.

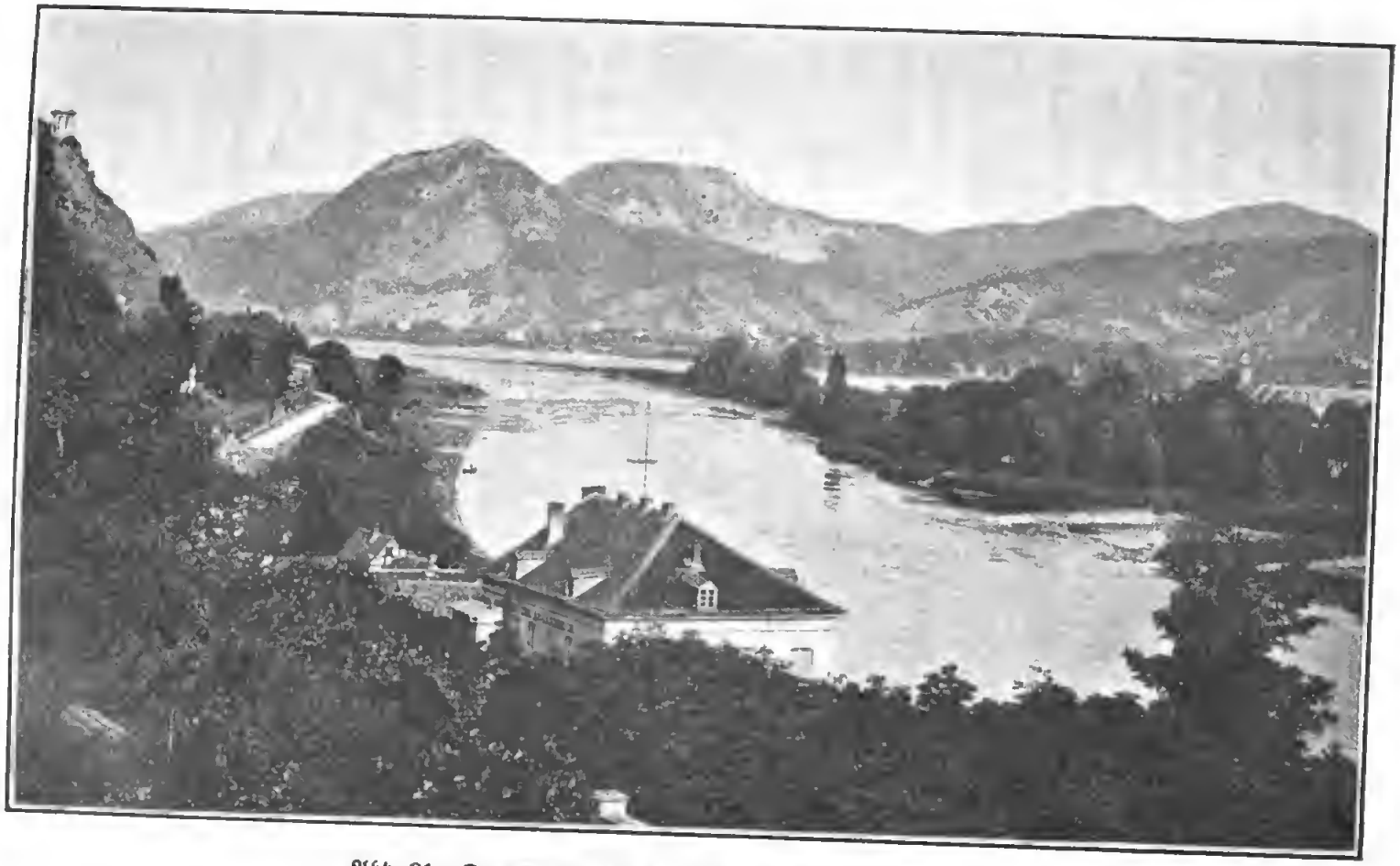


Abb. 31. Das Siebengebirge bei Königswinter am Rhein.

Struktur, Glaseinschlüsse, Basis usw. geradezu charakteristisch sind. Nur durch lange nach ihrer vollständigen Erstarrung vor sich gegangene Bewegungen und Verschiebungen innerhalb der festen Erdkruste oder durch Erosionsvorgänge sind die Tiefengesteine in späteren geologischen Zeiten an die Erdoberfläche gelangt und somit unserer Beobachtung zugänglich geworden. Wir haben weiter oben (Seite 44) schon betont, wie bei einem Lavastrom der Gegenwart die raschere oder langsamere Erstarrung entweder eine glasig-poröse oder eine mehr kristallinisch entwickelte Gesteinsausbildung erfolgen kann. Die Tiefengesteine, die sich Äonen hindurch unter dem Druck der auf ihnen lastenden Gesteinsmassen befunden haben, konnten sehr viel langsamer und sehr viel vollkommener erstarren als eine Masse des gleichen Magmas, das sich an die Erdoberfläche ergossen hat. Bei diesem mußten Druck und Temperatur sich rasch vermindern, und auch die Mineralbildner konnten nicht zur gleich intensiven Wirksamkeit gelangen wie bei den Tiefengesteinen, weil sie sofort aus dem Magma entwichen. Daher sind die Tiefengesteine so vollständig kristallinisch ausgebildet und die gleich im folgenden behandelten Ergußgesteine nicht. Diesen Tiefengesteinen stehen diejenigen Eruptivgesteine gegenüber, die echt vulkanischer Natur sind und im Lavazustande aus den Ausbruchsöffnungen der Vulkane entweder subärisch oder submarin an der Erdoberfläche herausgequollen sind und sich hier ergossen haben. Man bezeichnet dieselben als Ergußgesteine oder als vulkanische Gesteine.

Kristallinische Eruptivgesteine.

Wir unterscheiden acht Hauptgruppen von kristallinischen Eruptivgesteinen nach ihrer mineralischen Zusammensetzung. Diese sind:

1. Die quarzhaltigen Orthoklasgesteine, die Familie des Granits.
2. Die quarzfreien Orthoklasgesteine, die Familie des Syenits.

3. Die quarzfreien Orthoklas-Nephelin- oder Orthoklas-Leuzitgesteine, die Familie des Eläolithsyenits.
4. Die Plagioklasgesteine mit Hornblende oder Biotit, die Familie des Diorits.
5. Die Plagioklasgesteine, die Diallag oder Hypersthen führen, die Familie des Gabbros.
6. Die Plagioklas-Augitgesteine, die Familie des Diabases und des Melaphyrs.
7. Die Familie des Basalts.
8. Die Familie der Olivingesteine.

1. Die quarzhaltigen Orthoklasgesteine, die Familie des Granits.

Granit (plutonisches Gestein). Kristallinisch-körniges Gemenge von Orthoklas (Mikroklin), Oligoklas, Glimmer und Quarz. Wenn nur Muskovitglimmer vorhanden ist, so spricht man von einem Muskovitgranit; Granit, in dem sich nur Biotit findet, nennt man Granitit oder Biotitgranit; sind beide Glimmer im Gestein vorhanden, so heißt dasselbe Granit. Protogingranit (Alpengranit) wird ein granitartiges Gestein genannt, bei dem der Glimmer zum Teil durch Chlorit und Talk ersetzt ist. Schriftgranit nennt man ein Gestein, bei dem eine eigentümliche gegenseitige Verwachsung der Feldspat- und der Quarzteilchen stattfindet, so daß dasselbe aussieht, als wäre es mit hebräischen Schriftzeichen bedeckt. Hier und da treten auch akzessorische Gemengteil in größerer Menge im Granit ein, dann redet man von Turmalingranit, von Cordieritgranit usw. Greisen ist ein granitisch aussehendes graues Gestein, aus vorwaltendem Quarz und Glimmer bestehend (meist Lithionglimmer), das feldspatfrei oder fast ganz feldspatfrei ist. Es ist ein durch Silifizierung veränderter Granit, dessen Feldspat teils durch Quarz ersetzt wird, teils lokal (auch auf Kosten des Glimmers) durch Neubildung von Zinnstein, Turmalin, Topas und Fluorit (Zinnwald u. a. Orte im Erzgebirge, Cornwall). Vermittelst des Granitporphyrs, eines Gesteines, in dem in einer feinkörnigeren Grundmasse größere Individuen von

Quarz und Feldspat ausgeschieden sind, gehen die granitischen Gesteine über in den

Quarzporphyr (vulkanisch), ein Gestein mit dichter mikrofelsitischer Grundmasse, worin größere Kristalle von Feldspat und Quarz ausgeschieden sind.

Felsitpechstein. Hat eine ähnliche Zusammensetzung und Struktur wie der Quarzporphyr, nur fehlen die größeren Kristallausscheidungen. Auch zwischen diesem Gestein und dem Quarzporphyr besteht eine Serie von Übergängen.

Der Liparit ist der vulkanische Vertreter der Granite, doch kennt man keine rezenten liparitischen Laven. Der monokline Feldspat in allen Gesteinen dieser Gruppe ist nicht mehr der Orthoklas, sondern der Sanidin; der Plagioklas tritt zumeist als Albit auf.

Perlit, Obsidian, Trachytpechstein und Bimsstein sind die glasigen Glieder dieser Gruppe. Der Perlit besitzt eine eigenartige Struktur. In der Glasmasse liegen nämlich kugelige Gebilde, deren einzelne Teile ähnlich wie Zwiebelschalen ineinandergreifen.

2. Die quarzfreien Orthoklasgesteine, die Familie des Syenits.

Syenit (plutonisch). Ein kristallinisch-körniges Gemenge von Feldspat und Hornblende; eines der wichtigsten akzessorischen Mineralien ist der fast nie in den typischen Syeniten fehlende Titanit. Hier und da kommt auch Quarz in untergeordneter Menge im Syenit vor. Tritt Glimmer in größerer Menge unter die Gemengteile des Syenits, so entsteht der Glimmersyenit oder die Minette (der Name stammt von einer vulgären Bezeichnung dieses Gesteins durch die Bergleute in den Vogesen). Auch Augitsyenite sind bekannt.

Quarzfreier Porphyr (vulkanisch) ist die quarzfreie, porphyrische Ausbildung der Gesteine von der mineralischen Zusammensetzung der Syenite.

Der Trachyt (vulkanisch) besteht aus Sanidin und Oligoklas, Glimmer, Hornblende und untergeordnetem Quarz.

3. Die quarzfreien Orthoklas-Nephelin- oder Orthoklas-Leuzitgesteine, die Familie des Eläolithsyenits.

Eläolithsyenit (plutonisch). Der körnige Vertreter dieser Gruppe. Der Nephelin ist hier durch den Eläolith ersetzt. Miaszit nennt man eine Biotit führende Varietät von Miask im Ilmengebirge. Unter Foyait begreift man einen Hornblende führenden Eläolithsyenit von der Sierra de Monchique in Portugal; Ditroit wird ein Sodalith führendes hierhergehöriges Gestein aus der Umgebung von Ditrô in Siebenbürgen genannt, Zirkonsyenit endlich ein Eläolithsyenit mit vielen Zirkonkristallen.

Eläolithporphyr ist der porphyrisch ausgebildete analoge Gesteinstypus. Seltenes Gestein, auch Liebenerit-porphyr und Gieseckitporphyr genannt. Ersterer bildet Gänge im südlichen Tirol und enthält Liebeneritkristalle, woher der Name.

Phonolith (vulkanisch). Wohl das wichtigste Glied dieser zweiten Gruppe. Es enthält neben dem Sanidin Nephelin, Leuzit, Augit, Hauyn und Magnetit. Die Phonolithe sind jungvulkanische Gesteine. Leuzitphonolith und Leuzitophyr (Leuzittrachyt) nennt man Abarten, bei denen der Nephelin teilweile oder auch vollständig durch Leuzit ersetzt wird. Der Phonolith ist oftmals plattig abgesondert; beim Anschlagen geben diese Platten einen helltönenden Klang von sich, davon der Name Phonolith oder Klingstein.

4. Die Plagioklasgesteine mit Hornblende oder Biotit, die Familie des Diorits.

Diorit (plutonisch). Körniges Gestein, aus Feldspat, Quarz, Hornblende und Glimmer bestehend. Viele Varietäten, als Tonalit, Gesteine nach einem lokalen Vorkommen am Mt. Tonale in Südtirol so genannt. Der eigentliche Diorit ist ein fast quarzfreies Gestein; das quarzhaltige Äquivalent wird Quarzdiorit genannt, diejenige Abart,

in der Glimmer die Hornblende ersetzt, Glimmerdiorit. Auch augitführende Diorite sind bekannt. Die porphyrischen Gesteine dieser Gruppe nennt man Dioritporphyrite (vulkanisch). Bei allen Plagioklasgesteinen redet man überhaupt nicht mehr von Porphyren bei den porhhyrisch struierten Varietäten, sondern nur noch von Porphyriten. Der Ausdruck Porphyr wird nur für die porphyrisch struierten Varietäten der Orthoklasgesteine gebraucht.

Als Dazit bezeichnet man die quarzhaltigen jüngeren Glieder der Dioritporphyrite und als Andesit die quarzfreie Ausbildung dieses letzteren Gesteinstypus.

5. Die Plagioklasgesteine, die Diallag oder Hypersthen führen, die Familie des Gabbros.

Der Gabbro (plutonisch) ist ein körniges, aus Plagioklas und aus Diallag bestehendes Gestein, das häufig Olivin als akzessorischen Gemengteil führt (Olivingabbro).

Der Norit ist ein gabbroartiges Gestein, dessen Diallag durch Hypersthen oder Enstatit ersetzt ist. Auch davon kennt man olivinfreie und olivinführende Varietäten.

6. Die Plagioklas-Augitgesteine, die Familie des Diabases und Melaphyrs.

Diabas (vulkanisch). Unter Diabasen versteht man Plagioklas-Augitgesteine. In dieser Abteilung vertritt der Olivin gewissermaßen die Rolle des Quarzes, und man spricht hier von olivinfreien und olivinhaltigen Diabasen. Der olivinfreie Diabas wird Diabas schlechtweg genannt, der olivinführende heißt Olivindiabas.

Diabasporphyrite nennt man die porphyrischen olivinfreien Glieder der Diabase (Abb. 32).

Melaphyr. Diese Bezeichnung wendet man für die porphyrisch ausgebildeten Glieder der Olivindiabase an.

7. Die Familie des Basalts (vulkanisch).

Der Plagioklasbasalt ist ein scheinbar dichtes Gestein von schwarzer Farbe, das der Hauptsache nach aus Plagioklas, Augit und Olivin mit mehr oder weniger Glasbasis besteht. In Grönland führt dieses Gestein metallisches Eisen und Graphit. Groblörnige Varietäten bezeichnet man als Plagioklasdolerit, feinkörnigere als Anamesit.

Abb. 32. Stromoberfläche eines Deckdiabases aus der Devonzeit, ein Lavastrom der Vorwelt. Niederscheld bei Dillenburg, Nassau. Nach R. Brauns.

Der Nephelinbasalt zeichnet sich durch das Hinzutreten von Nephelin unter seine Gemengteile aus. Olivinfreie Glieder dieses Gesteins nennt man Nephelinite.

Der Leuzitbasalt besteht zumeist aus Leuzit und Augit mit Olivin; die olivinfreien Varietäten tragen den Namen Leuzitit.

Als Melilithbasalte bezeichnet man Gesteine dieser Familie, deren Zusammensetzung vorwiegend aus Melilith, Augit und Olivin besteht. Diejenigen Glieder der Basalt-

familie, die von Augit, Nephelin, Leuzit und Plagioklas gebildet werden, demnach Zwischenglieder zwischen den Plagioklasbasalten, den Nephelinbasalten und den Leuzitbasalten sind, tragen den Namen Basanite, ihre olivinfreien Glieder denjenigen der Tephrite.

Magmabasalte oder Limburgite (nach der Limburg im Kaiserstuhl) sind feldspat-, nephelin- und leuzitfreie, mit reichlicher Glasbasis versehene Gesteine.

Basaltobsidiane und Basaltbimssteine sind ebenfalls bekannt geworden.

Die Basaltfamilie ist jungvulkanischen Alters, und ihre Typen sind teilweise noch unter den Laven der gegenwärtigen Vulkane vertreten.

8. Die Familie der Olivingesteine.

Dunit, ein fast nur aus Olivin mit etwas Chromit oder Picotit bestehendes, ziemlich seltenes Gestein (plutonisch). (Der Name ist demselben von F. von Hochstetter nach derjenigen Örtlichkeit gegeben worden, an der er es zuerst entdeckte, dem Dun-Mountain auf der Südinsel Neuseeland.) Hieher gehört auch der Lherzolith (nach dem Weiher Lherz in den französischen Pyrenäen so genannt), aus Olivin, Enstatit, Diopsid und Picotit gebildet. Durch Umwandlung des Olivins, sehr oft unter reichlicher Ausscheidung von Magnetit, entstehen aus den Olivingesteinen Serpentine, talkerdehaltige und fettig anzufühlende dunkle, schneidbare und vielfach zu gewerblichen und künstlerischen Zwecken verwendete Gesteine.

Klastische Eruptivgesteine.

Tuffe sind feingeriebene Eruptivgesteine, deren Teilchen durch wässerige Lösungen oder durch Druck überlagernder Gesteinsmassen wieder verkittet worden sind. Sie werden je nach der Art der Gesteine, deren Begleiter sie bei der Eruption gewesen sind und aus deren Bestandteilen sie bestehen, Porphyrtuffe, Diabastuffe (diese führen teilweise

auch den Namen Schalsteine), Trachyttuffe, Basalttuffe, Phonolithtuffe usw. genannt. Peperino ist eine Lokalbezeichnung für einen kristallreichen Tuff, das Produkt der Maare des Albanergebirges bei Rom, ein von den Alten viel verwendeter, aber leider nicht wetterbeständig gewesener Baustein. Die losen Auswürflinge der Vulkane, Aschen, Lapilli, Bomben u. s. f. sind bereits auf Seite 28 behandelt worden.

Die Absonderung der Eruptivgesteine.

Unter Absonderung der Gesteine versteht man ihre Zerspaltung in einzelne Teile durch Klüfte. Diese Zerspaltung wird veranlaßt durch Zusammenziehung der Gesteinsmasse

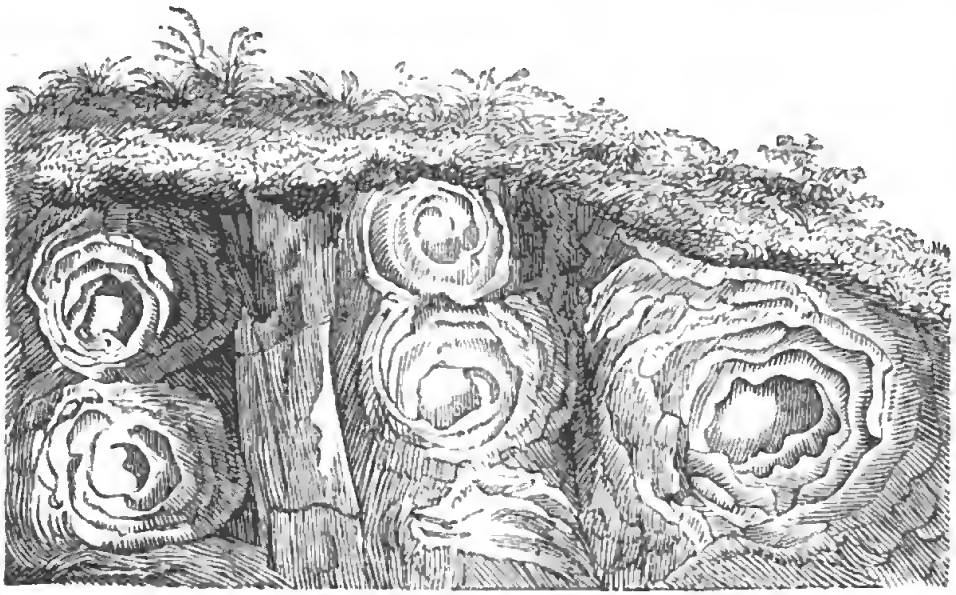


Abb. 33. Kugelige und zugleich konzentrisch schalige Absonderung am Quarzporphyr bei Teplitz in Böhmen.

bei ihrem Festwerden oder kurz nach demselben. Dieser Umstand kann bewirkt werden entweder durch Austrocknung der feuchten Masse (man nennt diesen Vorgang beim Tone Schwinden) oder durch Abkühlung (der Eruptivgesteine), die bei allen Körpern mit Zusammenziehung, Volumenverminderung, verbunden ist und bei sehr großen Massen fast

stets innere Zerklüftung bewirkt. Alle Gesteine, die große Volumina einnehmen, sind stets abgesondert und zerklüftet, aber in ungleichem Grade; daher kommt es, daß es so sehr schwierig ist, lange Säulen, sehr große Platten und dergleichen, sogen. Monolithe, aus einem Stück herzustellen.

Die Art der Absonderung ist nicht bei allen Gesteinen gleich; die meisten sind nur ganz unregelmäßig zerklüftet, so daß sie dadurch in kleine oder große, eckige und unregel-

Abb. 34. Säulenförmige Absonderung des Basalts an der Nordküste von Irland (Giants Causeway).

mäßige Stücke zerfallen. Einige zeigen aber gewisse regelmäßige Absonderungen in Säulen, Platten, Würfel, Parallelopipede, Kugeln usw. Doch sind diese regelmäßigen Absonderungsformen der Gesteine keineswegs den Kristallen der Mineralien zu vergleichen. Sie sind im Gegenteil durchaus davon verschieden, denn weder ihre Winkel noch die Zahl der sie begrenzenden Flächen sind konstant; auch stimmt ihr inneres Gefüge nicht im mindesten mit dem eines Kristalls überein. Es sind nur Folgen äußerer Ein-

Abb. 35. Der Herrenhausstein in Nordböhmen.
Ein Basaltkegel aus der jüngeren Tertiärzeit mit prächtiger säulenförmiger Absonderung des Gesteins.

wirkung, nicht solche innerer Eigenschaften der Substanz.

Derartige regelmäßige Absonderungsformen zeigen sich zwar nicht bei allen, aber doch bei mehreren Gesteinen, so z. B. beim Basalt, bei Dioriten, bei Porphyren usw., in der Regel jedoch nur bei solchen Gesteinen, die durch Erstarrung aus einem heißflüssigen Zustande gebildet wurden, wie die ebengenannten. Die Abbildungen 33 bis 35 zeigen uns zwei der häufigsten regelmäßigen Absonderungsformen, nämlich die *säulenartige* besonders schön bei den Basalten zu findende und die *kugelförmige Absonderung*.

Die plattenförmige Absonderung kann mit *Schichtung* oftmals verwechselt werden, denn der Form nach sind beide sehr ähnlich, wenn auch der Entstehung nach durchaus verschieden.

Absonderung kann erst dann erfolgen, nachdem das Gestein schon vorhanden ist, frühestens während seines Festwerdens. *Schichtung* dagegen kann sich nur zugleich mit dem Gesteine bilden, indem sich eine Schicht des Gesteinsmaterials über die andere lagert. Die ungleiche Entstehung beider Erscheinungen läßt sich in den meisten Fällen sehr leicht erkennen, besonders dann, wenn die einzelnen Schichten aus etwas ungleichem Materiale bestehen oder durch abweichende, dünne Zwischenlagen voneinander getrennt sind, was bei der Absonderung nie der Fall ist. Zuweilen ist es aber auch nicht ganz mühelos, plattenförmige Absonderung und Schichtung voneinander zu unterscheiden.

Die Lagerungsverhältnisse der Eruptivgesteine.

Man findet die Eruptivgesteine in *Gängen*, in *Stöcken*, *Kuppen*, *Strömen*, *Decken* usf., also in *massiger Form und Gestalt*. *Gänge* sind Ausfüllungsmassen einer Kluft, einer Spalte im Gestein. Die den Gang einschließende Gebirgsmasse wird als *Nebengestein* bezeichnet; falls der Gang keine senkrechte Gebirgsspalte ausfüllt, spricht man vom

darüberliegenden Teil des Nebengesteins als vom Hangenden, vom Darunterliegenden als vom Liegenden des Ganges. Die Kontaktflächen zwischen dem Gang und dem Nebengestein nennt man das Salband. Lagergänge sind der Schieferung oder Schichtung des Nebengesteins parallel laufende, Kontaktgänge solche, die an der Grenze zweier ungleichartiger Gesteinsmassen liegen. Wenn ein Gang sich gabelt und verzweigt, so zertrümert er sich, und diese

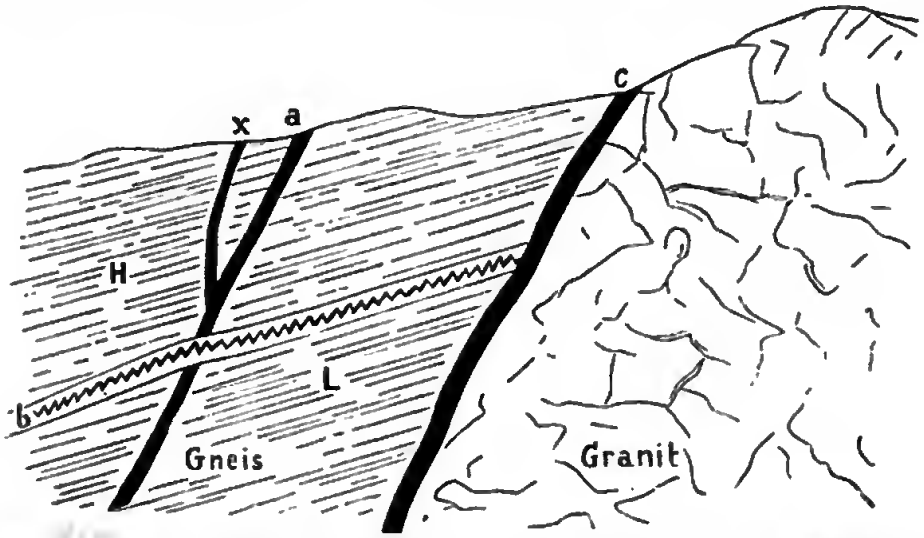


Abb. 36. a ist ein gewöhnlicher Gang; b ein Lagergang, der der Schieferung des einschließenden Gneises parallel streicht und fällt; c ein Kontaktgang an der Grenze zwischen Gneis und Granit; x ein Ausläufer oder hangendes Trum des Ganges a; H ist das Hangende für die Gänge a und b; L ist das Liegende für die Gänge a und b.

Abzweigungen führen den Namen Gangtrümer, Ausläufer oder Apophysen (Abb. 36). Gänge finden sich sowohl bei den Tiefengesteinen als auch bei den vulkanischen. Für die ersteren sind es die Ausläufer größerer Gesteinsmassen, für die letzteren die Zufuhrkanäle zu den Gesteinsausbreitungen an der Erdoberfläche. Stöcke sind Gesteinsbildungen von ganz unregelmäßiger Form, meist aber mit scharfen Umgrenzungen. Bei Erzlagerstätten besonders unterscheidet man stehende und liegende Stöcke; erstere durchschneiden die Schichtung, letztere (Lagerstöcke) laufen der Schichtung des Nebengesteins meist parallel.

Kuppen sind isolierte kegel- oder glockenförmige Aufstauungen eruptiven Gesteinsmaterials, deren jetzt verstopfte Eruptivkanäle Gänge und gangförmige Stöcke sind (Credner). Es sind meist Phonolithe, Trachyte und Basalte, die solche Kuppen bilden. Viele Kuppen sind auch aus Decken entstanden, infolge der Erosionswirkungen des Wassers.

Ströme sind erstarrte Gesteinsmassen, die nach ihrer Eruption und von ihrem Eruptionspunkte aus sich nach auswärts, meist auf steil geneigtem Untergrunde, bewegt haben. Hierher gehören die rezenten Lavaströme, die Basaltströme der Tertiärzeit usw.

Decken nennt man eruptives Gesteinsmaterial, das durch Gänge an die Erdoberfläche hervortrat und sich hier wie

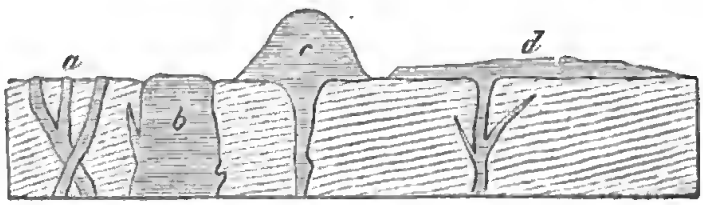


Abb. 37. a Gänge; b Stock; c Kuppe; d Decke.

eine Decke über die durchbrochenen Gesteinsschichten gelagert hat. Solche Decken besitzen oft beträchtliche Ausdehnung. Ein Stock oder auch eine kleinere Decke, die nicht bis zur Erdoberfläche emporbrangen, sondern zwischen anderen Gesteinsschichten eingeschlossen geblieben sind, nennt man einen Laccolith. Die Laccolithe senden manchmal in das Nebengestein Apophysen aus. Viele heute als Decken und Stöcke erscheinende Eruptivgesteine mögen ehemals Laccolithe gewesen und erst durch Denudation zu Decken und Stöcken geworden sein. Sind Decken in späteren Perioden von sedimentären Gesteinen bedeckt worden, so wurden sie zu Lagern. Sie sind also stets älter als die sie überlagernden Sedimentärschichten. Die Abbildung 37 mag die hier erläuterten Lagerungsformen der eruptiven Gesteine noch verständlicher machen.

Beweise für den ehemals glutflüssigen Zustand der Eruptivgesteine.

1. Die Lagerungsverhältnisse. Die Ergußgesteine treten, wie wir sahen, in dicken Kuppen und Strömen, andere Gesteine bedeckend, auf, ebenso in Gängen.

2. Viele Eruptivgesteine enthalten Einschlüsse von Gesteinsarten, die sie durchsetzt haben.

3. Viele eruptive Gesteine haben bei ihrem Heraufdringen Störungen in den von ihnen durchsetzten Gesteinsmassen hervorgebracht. Man kann das namentlich da gut beobachten, wo die ersteren wohlgeschichtete Felsarten durchbrachen und hierbei deren Lagerungsverhältnisse und Schichtenlage veränderten, die Gesteine selbst oftmals zertrümmerten usw.

4. Die Veränderungen, die viele Eruptivgesteine an von ihnen durchbrochenen Sedimentgesteinen hervorgebracht haben, wie z. B. Frittungen, Verglasungen und oftmals vollständige Umwandlung derselben. So haben z. B. gewisse Granite in den Vogesen, im Gebiete von Barr-Andlau, Tonschieferablagerungen durchbrochen und dieselben auf verhältnismäßig weite Strecken hin vollständig verändert, und zwar derart, daß, je näher man dem durch die Ablagerungen hindurchgedrungenen Granit kommt, um so mehr die Schiefer (die sog. Steiger Schiefer) in ein sehr kieselsäurereiches Gestein, in den Hornfels, umgewandelt sind. Auf diese Zone von Hornfels folgt nach außen hin eine solche, in der geringere Umwandlungen an den Schiefern wahrzunehmen sind, und auf diese Weise kann man eine Reihe von Zonen unterscheiden, in denen die Schiefer immer weniger Veränderungen in ihrer mineralischen Zusammensetzung zeigen, bis man schließlich die unveränderten, ursprünglichen Tonschiefer wieder erreicht. Diese also mehr oder weniger veränderten Schiefer nennt man Knotenglimmerschiefer, Knotentonschiefer oder Fruchtschiefer usw. Ähnliche Erscheinungen, wie die hier erwähnte, kennt man an ver-

schiedenen Orten unserer Erde, so z. B. im Harze, in Sachsen (bei Schneeberg im Erzgebirge) usw.

Wenn gewisse Eruptivgesteine in heißflüssigem Zustande Kalkgesteine durchbrochen haben, so sind dieselben sehr häufig in reinen kristallinischen Kalk umgewandelt. Schöne Beispiele hierfür geben die Gebirge Südtirols, ganz speziell die in geologischer Beziehung weltberühmte Umgebung des Dorfes Predazzo im Fleimsertal; hier haben ältere Eruptivgesteine von syenitischem Typus usw. die Sedimente der alpinen Trias durchbrochen und dieselben an den Kontaktstellen in Marmor umgewandelt. Daneben wurden, wahrscheinlich durch Einwirkung heißer Dämpfe, mit denen das Gesteinsmagma geschwängert gewesen ist, allerlei Kalksilikate als Granat, Vesuvian, Titanit, Glimmer usw. in der Nähe der Kontaktstellen im körnigen Kalke herausgebildet, die sog. Kontaktmineralien. Derartige durch Einwirkung von Eruptivgesteinen auf die von ihnen durchsetzten Gesteinsarten und Gesteinsmassen hervorgebrachte Wirkungen und Erscheinungen faßt man unter der Bezeichnung Kontaktmetamorphismus zusammen.

5. Einen weiteren Beweis für die glutflüssige Entstehung der massigen Gesteine liefert uns deren mineralische Zusammensetzung. Wir wissen, daß manche Mineralien ihrer chemischen Natur nach nur aus einem Schmelzfluß hervorgegangen sein können, und daß gewisse Erscheinungen, die dieselben zeigen, wie z. B. gewisse Strukturverhältnisse, Einschlüsse usw. durch einen heißflüssigen Zustand des Gesteinsmagmas und unter hohem Drucke hervorgebracht worden sein müssen.

6. Ferner beweisen gewisse gegenwärtig noch der Beobachtung zugängliche eruptive Gesteinsbildungen durch ihre vielfache Analogie mit den Eruptivgesteinen älterer geologischer Perioden, daß diese letzteren unter denselben Verhältnissen wie die ersteren entstanden sein müssen. Die heute noch durch Erstarrung aus einem heißflüssigen Zustande entstehenden Laven sind durchaus nicht alle gleich, sie sind vielmehr untereinander sehr verschieden, sowohl bei den einzelnen

Vulkanen als auch bei deren einzelnen Ausbrüchen. So unterscheidet man deshalb basaltische, trachytische und leuzitische Laven, oder auch Augitlaven, Feldspatlaven und Leuzitlaven. Solche Gesteine kommen nun nicht nur an wirklichen Vulkanen vor, sondern sie finden sich auch in vielen Gegenden, in denen es keine tätigen Vulkane mehr gibt. Alle Basalte, Trachyte und Leuzitgesteine, die oftmals weit von tätigen Vulkanen entfernt gefunden werden, haben nicht nur eine im allgemeinen ganz gleiche Zusammensetzung mit Laven, sondern auch ihre gesamten Verhältnisse usw. sprechen dafür, daß sie ähnlich wie die Laven entstanden sind.

Die heißen Quellen.

Heiße Quellen oder Thermen nennt man im allgemeineren Sinne alle derartigen Erscheinungen, deren Temperatur die mittlere Jahreswärme des Ortes, an dem sie hervortreten, übersteigt. Dieselben sind demnach den Temperaturveränderungen der oberen Bodenschichten und der Atmosphäre nicht unterworfen. Als heiße Quellen im engeren Sinne oder als absolute Thermen werden aber nur solche bezeichnet, die eine von unserem Gefühl deutlich wahrnehmbare Temperatur zeigen, also Quellen von etwa 25° C über 0 an.

Temperatur und Vorkommen der heißen Quellen. Die Temperaturverhältnisse der heißen Quellen sind natürlich sehr verschieden; so haben z. B. die Thermen von Warmbrunn in Schlesien 32° C Wärme, diejenigen von Trincheras in Venezuela dagegen 97° C. Ihr Vorkommen ist kein beschränktes; sie treten in den verschiedensten Gegenden unserer Erde auf, häufig aber in solchen, wo ehemals vulkanische Kräfte entfesselt waren oder noch sind.

Entstehungsweise der heißen Quellen. Man hat in dieser Hinsicht zwei Arten derselben wohl zu unterscheiden, einmal solche, die von juvenilem, und sodann solche, die von vadosem Wasser gespeist werden. Beide stehen mit

dem Vulkanismus in engster Verbindung, die ersteren mit demjenigen im engeren, die letzteren mit demjenigen im weiteren Sinne.

Der Wasserdampf, der im Magma enthalten ist, und den dieses bei den vulkanischen Ausbrüchen zutage fördert, stammt nach neueren Anschauungen aus den tiefen Innenregionen des Erdkörpers. Sein Hervordringen an die Oberfläche der Planeten ist lediglich eine Folge von der Entgasung dieses letzteren, die mit seiner beginnenden Erstarrung eingesetzt hat und heute noch andauert, wenn auch nur noch auf einzelne Linien und Punkte beschränkt. Dieses vulkanische Wasser kommt also nicht durch Infiltrationen des Meeres bis zum Glutbrei in diesen hinein, wie man lange angenommen hat; nicht die Vulkane werden vom Ozean gespeist, sondern das Umgekehrte ist der Fall. Die Meere erhalten durch jeden Ausbruch neue Vermehrung.

Diese Lehre, vom Wiener Mineralogen Tschermak begründet und vom Wiener Geologen E. Süß weiter ausgeführt, trägt den Namen der Emanationstheorie.

Ursprünglich ist dieses vulkanische Wasser im Magma nur in der Gestalt des Wasserstoffes enthalten; erst in den höheren Regionen der vulkanischen Essen tritt das ebengenannte Gas mit der Atmosphäre in Berührung, wobei dann Wasser entsteht. Diese neuen Mengen Wasser, die erst jetzt vor unseren Augen an das Tageslicht gelangen, sind juveniles Wasser/ jugendliches, weil es jung und frisch an die Erdoberfläche tritt. Dasjenige Wasser hingegen, das auf der letzteren schon längs vorhanden ist, in den Seen und Ozeanen wogt und in den Bächen, Flüssen und Strömen fließt oder in der Atmosphäre enthalten ist, wird vadoses Wasser genannt, weil es gewissermaßen umherspaziert und teilweise an den Kreislauf zwischen der Atmosphäre und der Erdoberfläche gebunden ist. Auch das vadose Wasser ist einmal juvenil gewesen; ist es jedoch einmal in den vadosen Zustand getreten, so kann es nicht mehr in den juvenilen zurückkehren. Und genau so, wie die Vulkane juvenilen

Wasserstoff ausatmen, so geben sie auch noch andere juvenile Gase und Dämpfe von sich, die wir bereits in den Emanationen der Fumarolen kennen gelernt haben (Seite 46 bis 48), in erster Linie Kohlensäure und Chlornatrium. Die allermeisten heißen Quellen, die an Stellen hervorbrechen, wo früher einmal vulkanische Kraft sich betätigt hat oder noch vorhanden ist, dürften juveniles Wasser, und soweit sie sogen. Mineralquellen sind, was bei sehr vielen der Fall ist, auch noch andere juvenile Stoffe zutage bringen. Es sind die juvenilen Thermen; sie sind sehr oft der letzte Nachhall früherer vulkanischer Vorgänge. Beispiel: der Karlsbader Sprudel.

Nicht aber alle Thermen lassen sich auf die fortdauernde Entgasung des Erdkörpers zurückführen. Gewisse heiße und zuweilen auch nur wenig gelöste Stoffe enthaltende, nur in geringem Maße mineralisierte Quellen sind durch vadoses Wasser erzeugt, das auf Klüften und Spalten der Erdfeste in die ihrer Temperatur entsprechende Tiefenstufen hinabgedrungen und von dort durch den hydrostatischen Druck wieder emporgetrieben worden ist, die vadosen Thermen. Beispiele: die Thermen von Ragatz-Pfäffers und von Wildbad im Schwarzwald; Lenk im Wallis, diese aber Schwefelthermen, deren Schwefelwasserstoffgehalt von Auslaugungen des Gipses in ihrem Untergrunde herrührt. Die Entscheidung, ob eine Therme vadoser oder juveniler Natur ist, ist selbstverständlicherweise bisweilen sehr schwierig.

Geiser. Geiser sind heiße, nicht unter hydrostatischem Druck stehende, also juvenile Thermen, die nicht kontinuierlich fließen, sondern nur in mehr oder minder regelmäßigen und jeweils durch längere oder kürzere Ruhepausen unterbrochenen Zwischenräumen gewaltige Strahlen heißen Dampfes und Wassers, die meist noch mit verschiedenen Gasen vermischt sind, infolge der Spannung dieser Wasserdämpfe hoch in die Lüfte hinaufschleudern. Das heiße Wasser sammelt sich in brunnenartigen Vertiefungen an, die an ihrem oberen Ende vielfach kesselartig erweitert und von einem zuweilen mäch-

tigen und mannigfach gestalteten Ringwall von Sinter umgeben sind.

Die Eruptionen erfolgen in sehr verschiedenen Zeiträumen, entweder stündlich oder täglich, oft auch sind die Zwischenperioden noch größer. Der isländische Typus dieser Geiser, der Große Geiser, liegt etwa 46 km nordwestlich vom Hekla und hat sich einen Kegel aus Kieselsinter von 8 bis 10 m Höhe und 70 m Längendurchmesser aufgebaut. Die Abscheidung von Kieselsinter unter Beihilfe von Algen, die noch eine sehr hohe Temperatur (bei 7° C unter dem Siedepunkt des Wassers) zu vertragen imstande sind, Leptothrix, Calothrix usf. ist nämlich eine den allermeisten Geisern zukommende Eigenschaft. In früheren Jahren, gewöhnlich alle 24 bis 30 Stunden, erfolgte eine mächtige Eruption dieser Springquelle; bis zu 50 m stiegen die Wasserstrahlen in die Höhe. Heutzutage soll dies nicht mehr der Fall sein, und oft verfließen mehrere Tage, ja eine ganze Woche, ehe ein neuer Ausbruch zustande kommt. Auch steigen die Wassergarben kaum mehr höher als 18 m. Das das Geiserbecken anfüllende Wasser ist meist ruhig und zeigt 76 bis 89° C an seiner Oberfläche. Im Quellenkanal bei 22,5 m Tiefe jedoch besitzt dasselbe, wie aus den Beobachtungen Bunsens und Descloizeaux' hervor-

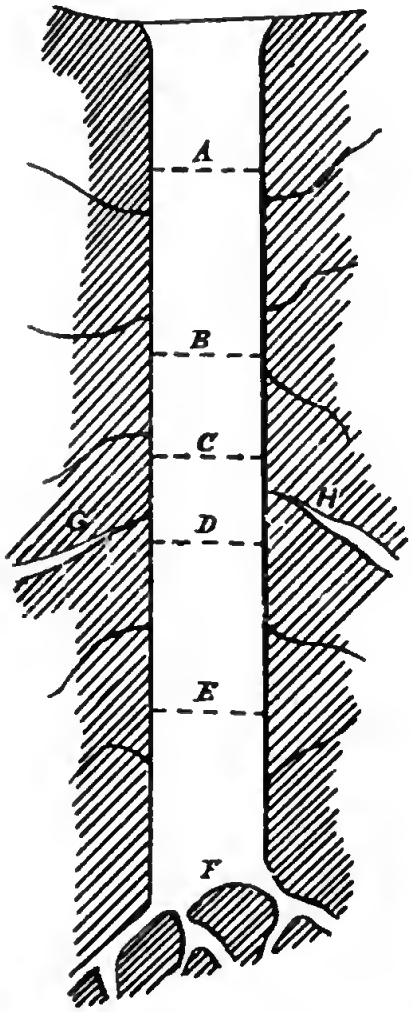


Abb. 38. Durchschnitt durch eine Geiserröhre. Nach Lapparent.

geht, etwa 127° C vor und etwa 122° C nach einem Ausbruch. Die Temperatur des Wassers nimmt also zu von der Erdoberfläche gegen den Boden des Quellkanals und wird in der Annäherung an einen Ausbruch steigen. In Abbildung 38 sieht man einen schematischen Durchschnitt durch die Geiserröhre, und aus der Tabelle ist die Tiefe und die Temperatur, die an den Punkten A bis F herrscht, zu entnehmen, ebenso wie diejenige Hitze, die an den betreffenden Punkten herrschen müßte, wenn das Wasser daselbst kochen sollte. Man erkennt sofort, daß an keiner

Beobachtungspunkte	Tiefe	Beobachtete Temperatur	Temperatur, die notwendig wäre, um das Wasser zum Sieden zu bringen
A	3,30 m	85,5°	107°
B	8,10 „	110°	116°
C	11,— „	—	120,8°
D	13,— „	121,8°	123,8°
E	18,— „	124°	130°
F	22,50 „	126°	135°

dieser Stellen die Wassersäule vor einem großen Ausbruch die erforderliche Wärme besitzt, um bei dem auf ihr lastenden Druck in den Kochzustand zu geraten. Am unteren Ende der Wassersäule ist die Differenz zwischen der beobachteten Temperatur und derjenigen, die für den Kochpunkt nötig wäre, gleich 10° C, an der Oberfläche ist dieselbe noch größer, beim Punkt D aber, in etwa 13 m Tiefe, ist eine Stelle, woselbst die Differenz nur noch 2° C beträgt. Wenn nun die heißen, aus dem Untergrunde heraufströmenden Dämpfe solche Gewalt erhalten haben, um das Wasser 2 m höher zu heben, wie das an der Öffnung der Geiserröhre beobachtet werden kann, so gelangt die Schicht warmen Wassers bei D mit 121,8° C Wärme im Augenblick an die Stelle C, deren Siedepunkt nur noch 120,8° C beträgt.

Daher muß sich dieses Wasser hier sofort in Dampf verwandeln und teilt diese Eigenschaft infolge der entstehenden Druckverminderung den übrigen Teilen der Wassersäule mit. Auf solche Weise ist die Intermittenz des Geisers leicht erklärlich, denn es ist nach jedem neuen Ausbruch notwendig, daß das wieder frisch zugeströmte und die ausgeworfene Menge ersetzende Wasser abermals bis zu den erforderlichen Temperaturen erwärmt wird, und daß die Spannung der bei F einströmenden Dämpfe wieder groß genug geworden ist, um in der Wassersäule Aufwallungen von 2 m Höhe zu veranlassen.

Die oben gegebene Erklärung des Geiserphänomens ist durch Untersuchungen, die Bunsen an Ort und Stelle vornahm, bestätigt worden.

Die Geiser setzen neben Kiesel- auch Kalksinter oder Eisenoxyd ab. Geiser sind hauptsächlich an drei Stellen unserer Erde bekannt, auf Island, auf der nördlichen Insel Neuseelands und im Yellowstone in Nordamerika. Auf ersterem Gebiete kennt man etwa 200, auf dem zweiten an 500, und an 1000 Quellen, darunter die großartigsten der Erde, auf dem dritten (Abb. 39).

Die Ursachen des Vulkanismus.

Das allmähliche Anwachsen der Temperatur, je tiefer wir in die Erdkruste eindringen, das Ausfließen glutiger Massen aus den Schloten der Vulkane und das auf Erden allgemein verbreitete Hervorbrechen heißer Quellen aus dem Erdboden lehren uns, daß jedenfalls in bestimmter Tiefe des Erdballs eine vom Magma gebildete Zone vorhanden ist, einerlei ob in noch mehr dem Erdmittelpunkt genäherten Teilen des Planeten ein allmählich gasförmiger oder auch ein starrer Aggregatzustand herrscht. Bei der fortschreitenden Abkühlung der Erde muß sich nun diese flüssige Magmazone immer mehr zusammenziehen und verkleinern, und infolge dessen wird die darüberliegende feste Erdkruste zu groß für ihre Unterlage

und hat das Bestreben, sich dieser anzuschmiegen und anzupassen. Daher muß sich die feste Erdrinde, dem Gesetze der Schwerkraft folgend, an einzelnen Stellen zusammenfalten und zusammenrunzeln, so etwa, wie die Haut eines austrocknenden Apfels für das schwindende Fleisch dieser Frucht allmählich zu groß und darum runzlig wird. Die vertikal wirkende Schwerkraft äußert sich demnach an der Erdfeste in einem horizontal wirkenden Zusammenschube, der die Veranlassung zur Gebirgsbildung ist, die in dem Abschnitt über den Vulkanismus im weiteren Sinne noch eingehend besprochen werden soll. Vorderhand hier nur so viel, daß die Erdkruste durch diese Vorgänge in eine Anzahl Schollen zerlegt wurde, die gegeneinander verschoben sind. In den durch das Einsinken von Schollen nach dem Erdmittelpunkte zu entstandenen Depressionen hat sich das Wasser in der Gestalt der Ozeane angesammelt, während die stehen gebliebenen oder emporgepreßten Schollen die Kontinente dar-

Abb. 39. Ausbruch des Giant Geiser im National Park, Yellowstonegebiet, Nordamerika.

stellen. Durch den von den absinkenden auf die stehenbleibenden resp. emporgepreßten Schollen ausgeübten gegenseitigen Druck entstanden sehr oft Faltungen an den Begrenzungslinien, als an den nachgiebigsten und schwächsten Stellen der Schollen, und infolge der Sprödigkeit des Gesteinsmaterials in diesen Faltungen Risse und Sprünge, sogenannte *Bruchlinien* oder *Bruchränder*. Diese bahnen dann dem Magma den Weg zur Erdoberfläche, und Vulkane werden zur Herausbildung gelangen. Bereits auf Seite 26 ist schon einiges über diese Verhältnisse gesagt und bei diesem Anlaß auch betont worden, daß das Magma zuweilen auch ohne das Vorhandensein von Spalten zutage treten kann, indem es sich durch die überlagernden Gesteinsmassen gleichsam hindurchfrißt und mehr oder weniger röhrenförmige Kanäle in denselben hervorzubringen, „auszublasen" vermag. Ob die bisher in dieser Hinsicht bekannt gewordenen Tatsachen aber genügen können und so gewichtige sind, um die Lehre aufzustellen, daß das Vorkommen von Vulkanen überhaupt vom Dasein von Bruchlinien gänzlich unabhängig sei, und daß es da, wo Feuerberge sich wirklich über solchen erheben, noch bewiesen werden müßte, ob nicht etwa die Bruchlinie die jüngere und der Vulkan die ältere Erscheinung sei, das mag hier vorderhand unentschieden bleiben. Jedenfalls befinden sich nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens eine sehr große Anzahl von Feuerbergen auf unserem Planeten im Zusammenhange mit solchen Bruchlinien, mit *tektonischen Ursachen*, und dort, wo diese letzteren fehlen, fehlen im allgemeinen auch die Vulkane.

Verschiedene Ansichten über die Ursachen, die (das im Erdinnern flutende Magma) bis zu so gewaltigen Höhen wie die Gipfel des Ätna, des Mauna Loa und des Chimborazo hinaufzutreiben vermögen und die Aschenwolken viele tausend Meter in die Luft hinaufwirbeln können, sind ausgesprochen worden. So sollen diese Dinge ihre Erklärung darin finden, daß bei einer Schollenbewegung innerhalb der festen Erdkruste das Magma durch den Druck der absinken-

den Scholle an die Erdoberfläche hinaufgepreßt wird. Man hat berechnet, daß, wenn der einen Flächenraum von 510 Millionen Quadratmeilen besitzende Erdball sich derartig zusammenzöge, um die glutflüssige Zone in seinem Inneren nur um 1 mm zu verkleinern, das vollauf genügen würde, um 510 Lavaausbrüche von je 1 cbm Inhalt hervorzupressen. Lavaergüsse von solchen Dimensionen gehören aber schon zu den großen Ausnahmen.

In neuerer Zeit hat der jüngst verstorbene Vulkanologe Dr. Stübel die Lehre aufgestellt, es trete im Verlaufe des Erkaltungsprozesses beim glutflüssigen Magma eine Phase der molekularen Volumenvergrößerung ein, und mit diesem Vorgang sei eine ungeheure, sich stetig steigernde Kraftäußerung verbunden, die alsdann das zeitweise Hervorbrechen des heißen Gesteinsbreies bewirke. Nach Stübel ist nämlich unsere Erde von einer dicken, jede Verbindung des Erdinneren mit der Erdoberfläche unmöglich machenden Kruste, der Panzerdecke umhüllt. In dieser sind Magmareste übriggeblieben, die in der Gegenwart noch flüssig, aber schon seit den ältesten geologischen Zeiten von dem zentralen Magmabehälter in den großen Tiefen des Planeten abgeschnitten worden sind, die peripherischen Herde, welche die Vulkane speisen. Ist nun in einem dieser letzteren die Abkühlung der Materie so weit fortgeschritten, daß ihre erwähnte molekulare Volumenvergrößerung eintreten muß, so wird dieser Raum des Herdes für die Masse zu klein; diese reißt die über ihr lagernden Teile der Panzerdecke auf, schafft sich Luft, und das überschüssige Magma wird herausbefördert. Dies soll zuweilen in einem solchen Maße geschehen sein, daß Berge von großer Höhe uud von bedeutendem Umfang entstanden sind, durch eine einzige, wenn auch manchmal geraume Zeit in Anspruch nehmende gewaltige Eruption, aber aus einem Gusse, nach Art der freilich sehr viel geringere Dimensionen besitzenden homogenen Vulkane (Seite 49). Es sind die monogenen Vulkane Stübels. Flaute, nachdem das überschüssige Magma größtenteils herausgestoßen war, die

treibende Kraft plötzlich ab, so hörte jeder weitere Nachschub an Materie auf, und diese sank, soweit sie nicht schon erstarrt gewesen ist, in den leeren trichterförmigen Schlund zurück. Das Endergebnis dieser Erscheinung soll dann die Herausbildung eines ein mehr oder weniger großartiges Kesseltal umschließenden Berges, eines Kraters mit sehr steilen Wänden gewesen sein, eines Calderaberges im Sinne Stübels. Nach den Anschauungen dieses Forschers sind die Calderen also nicht gemäß unseren auf Seite 34 vorgetragenen Erklärungen entstanden.

Gelangt der in einem peripherischen Herde nach dem ersten Ausbruch zurückgebliebene Magmarest späterhin nochmals zur Eruption, so wird in der Caldera ein neuer Kegel gebildet, und es entsteht ein neuer Kegel in dieser, ein Somnaberg nach unserer Bezeichnung (Seite 38), ein polygener Vulkan im Stübelschen Sinne.

Die ganze Theorie Stübels steht und fällt mit der Frage, ob das Magma in einem gewissen Stadium seiner Erkaltung wirklich eine molekulare Ausdehnung seiner Masse erfährt, und wenn das der Fall ist, ob eine derartige Wirkungen äußernde. Von diesen Dingen kennt man aber zur Zeit noch viel zu wenig, und das, was man davon weiß, ist doch noch zu ungenügend, um so weittragende Folgerungen daraus ziehen zu können, wie es der geistvolle Dresdener Gelehrte getan hat. Ganz abgesehen davon ist es aber unverständlich, wie Magma, das bereits einmal diese molekulare Volumenausdehnung durchgemacht und einen monogenen Vulkan hervorgebracht hat, nachher nochmals in einen gleichen Zustand gekommen sein und einen neuen Berg, einen polygenen Vulkan gebildet haben soll. Im Verlaufe des Abkühlungsprozesses des Magmas könnte die für seine Volumenvermehrung maßgebende kritische Temperatur doch nur ein einziges Mal eintreten.

Das Wasser ist das aktive Moment, der Spiritus rector bei den vulkanischen Erscheinungen; Wasserstoff tritt bei allen vulkanischen Eruptionen in größerer oder geringerer

Menge aus den Kratern der Feuerberge hervor, es ist eines der häufigsten Gase dabei, und das Magma muß förmlich davon vollgesogen sein. Der Wasserdampf ist das elastische Fluidum, die Haupttriebfeder, die eine im Ausbruch befindliche Stelle entlädt. Der Begriff „Vulkan" ist sogar einmal von einem französischen Geologen als ein Apparat definiert worden, vermittelst dessen das Wasser seinen nach oben gerichteten Lauf aus den Tiefen des Planeten durch den größten Teil der festen Erdrinde hindurch zu deren Oberfläche vollführt. Man muß sich nur vergegenwärtigen, wie groß die Menge des von den Vulkanen der Atmosphäre zugeführten Wasserdampfes ist. Dafür mag die Tatsache einen Anhalt geben, daß der Ätna während seiner langandauernden Eruptionsphase von 1865 täglich etwa 22000 cbm Wasserdampf von sich gegeben hat, eine Masse, die reichlich genügen würde, um den täglichen Wasserbedarf einer Großstadt mit 200000 Einwohner zu decken.

Es ist früher der übrigens auch noch von manchen Forschern geteilten Ansicht Ausdruck gegeben worden, das vulkanische Wasser müsse aus dem Meere stammen. Aus irgendwelchen Ursachen, sei es durch Aufreißen von Spalten auf dem Grunde der Ozeane oder auch durch langsames Durchsickern durch die Gesteinsmassen, eine Möglichkeit, die experimentell nachgewiesen wurde, könne Wasser tief genug in das Erdinnere eindringen, um das Magma anzutreffen; bei seiner Berührung mit diesem letzteren würde es zur Explosion gebracht und rufe eine Eruption hervor. Wenn man in Betracht zog, daß die von den Vulkanen neben dem Wasserdampf geförderten gasigen Stoffe eben auch diejenigen sind, die das Meerwasser gelöst enthält, Salzsäure, Chlornatrium, Alkalien und anderes, so mußte diese Anschauung ganz plausibel erscheinen. Auf Grund der schönen, bereits weiter oben angeführten Darlegungen von Tschermak und Süß (Seite 68) sind wir der Überzeugung, daß das juvenile Wasser die treibende Kraft bei den vulkanischen Erscheinungen im engeren Sinne ist.

Vierter Abschnitt.

Die geologische Tätigkeit des vadosen Wassers und die Entstehung der sedimentären Gesteine.

Die geologischen Wirkungen des vadosen Wassers in flüssiger Gestalt.

Die wichtigsten geologischen Wirkungen des vadosen Wassers bestehen in der chemischen oder in der mechanischen Zerstörung von Gesteinen und der Wiederablagerung des losgelösten Materials an anderer Stelle und in anderer Form. Diese Zerstörungen und Wiederablagerungen erfolgen unausgesetzt an sehr vielen Stellen der Erde, teils durch chemische, teils durch mechanische Tätigkeit des Wassers, das besonders, wenn es mit Kohlensäure beladen ist, in hohem Grade die Fähigkeit besitzt, viele Substanzen aufzulösen.

Die durch das Wasser löslichen Substanzen sind (in sehr kleinen Mengen zwar nur) die meisten bekannten, in stärkerem Grade vorzugsweise verschiedene Salze, wie Chlornatrium (Kochsalz), schwefelsaurer Kalk (Anhydrit, Gips), Alaun, kohlensaures Kali oder Natrium, kohlensaurer Kalk usw.

Der unausgesetzte Kreislauf des auf der Erdoberfläche und in der Atmosphäre vorhandenen Wassers geschieht dadurch, daß die atmosphärischen Niederschläge zum Teil in den Boden eindringen und die Quellen speisen, zum Teil aber an der Oberfläche ablaufen. Das Wasser der Quellen vereinigt sich mit dem oberflächlich abgelaufenen zu Flüssen, diese strömen in Landseen und in das Meer hinein; von hier verdunstet das Wasser wieder, bildet Wolken und gelangt in der Form atmosphärischer Niederschläge zum Teil auf die Landoberfläche zurück.

Die Gesamtoberfläche der Kontinente auf unserer Erde beträgt 145 Millionen Quadratkilometer. Etwa 122500 cbkm Wasser in der Gestalt der verschiedensten atmosphärischen Niederschläge fallen im Verlaufe eines Jahres darauf nieder, aber nur ungefähr 27200 cbkm derselben fließen den Ozeanen zu; das Verhältnis dieser letzteren Menge zum Gesamtwerte der kontinentalen Niederschläge ist demnach = 1 : 4,499. Der größere Teil der atmosphärischen Niederschläge, 95300 cbkm, ist an die Wechselreise zwischen dem Festland und der Atmosphäre gebannt, und zwar ohne Vermittlung des Meeres, fällt also sogleich wieder der Verdunstung anheim. Derjenige Teil der ebengenannten 27200 cbkm Wasser, der in das Felsgerüst der Erde eindringt und nicht nur oberflächlich abläuft, kommt aber auch nicht wieder vollständig zutage. Die Gesteine halten etwas davon zurück, indem der Sauerstoff des Wassers zur Oxydierung vieler Substanzen im Erdinnern dient, ein Vorgang, der im Laufe der Äonen der Erdfeste beträchtliche Mengen Wassers entzogen hat, ferner indem die Gesteine ohne Ausnahme von diesem Wasser imprägniert werden (Bergfeuchtigkeit). 5 % des sämtlichen auf Erden vorhandenen Wassers sollen auf solche Weise aus dem eigentlichen Kreislauf ausgeschieden sein, eine Menge, die mindestens derjenigen gleichkommt, das in den Meeresbecken der Erde flutet. Durch den Umstand, daß der so verloren gehende Teil des vadosen Wassers durch das juvenile Wasser der Vulkane und heißen Quellen wieder ersetzt wird, ist der Vulkanismus für den Haushalt der Natur von allerhöchstem Werte.

Verwitterung. Den weiter oben geschilderten, durch chemische und mechanische Vorgänge verursachten Zerstörungsprozeß der Gesteine bezeichnet man als Verwitterung; die mechanische Tätigkeit des Wassers äußert sich hierbei in erster Linie durch die Wirkungen des Frostes. Das Wasser dringt in die feineren und gröberen Spalten des Gesteines ein und lockert beim Frieren und Wiederauftauen dessen Gefüge, natürlich in intensiverer Weise bei der einen als bei der

anderen Felsart. Die Frostwirkungen sind beispielsweise größer bei Sandstein als bei Granit. Das Ende der Verwitterung ist eine völlige Auflockerung der Gesteine zu Grus, tonigem Sand usw.

Auch die in chemischer Hinsicht wirkenden Agentien bei der Verwitterung eines Gesteines greifen dieses zunächst von seinen Fugen und Klüften aus an. Besonders gut ist dies bei gewissen feldspatführenden Eruptivgesteinen wie Granit oder Syenit zu beobachten. Zunächst wird der Feldspat zersetzt, und seine Alkalien und ein Teil seiner Kieselsäure werden entführt, so daß das Mineral in eine weißlich-erdige Masse, eine Verbindung von Kieselsäure und Tonerde, den Kaolin übergeführt wird (Kaolinisierung des Feldspates). Ist das Gestein in der Umrandung seiner Kluft- (Absonderungs-)Flächen bereits zersetzt, in seinen inneren Partien jedoch noch ziemlich intakt, und werden die zersetzten Teilchen von den Atmosphärilien fortgeschwemmt, so entsteht allmählich an Stelle eines ursprünglich kompakt gewesenen Gesteinskörpers eine wirre Anhäufung von unregelmäßigen Blöcken, ein Felsenmeer (Abb. 40). Solche sind in granitischen und syenitischen Gesteinsarealen keine Seltenheit (Pyrenäen, Bretagne, Harz, Schwarzwald, Fichtelgebirge usw.).

Lateritisierung. In gewissen tropischen und subtropischen Ländern (Afrika, Indien, Südamerika) werden die verschiedenartigsten Gesteine (Gneise, Granite, Diabase, Diorite, Schiefer, Sandsteine) infolge der dort herrschenden hohen Wärme, des großen Regenreichtums und der üppigen Vegetation, wohl auch infolge des Mangels an winterlichen Frösten, bis zu 100 m Tiefe und noch mehr unter Beibehaltung ihrer ursprünglichen Struktur in situ zersetzt, bei welchem Vorgang die Kieselsäure und die alkalischen Bestandteile der Gesteine ausgeschieden und die Eisenverbindungen rasch oxydiert werden. Letztere erhalten dann eine rötliche bis gelbliche Färbung, was die Veranlassung zur Benennung der so entstandenen lehmigen und sehr eisenreichen (bis 36 %)

Zersetzungsprodukte als Laterit geworden ist (later = der Ziegel). In früheren geologischen Zeiten, als in unseren Breiten die klimatischen Verhältnisse noch andere waren, ist die lateritische Verwitterung hier sehr wirksam gewesen. Der Wiederabsatz der vom Wasser aus den Gesteinen gelösten und fortgeführten Substanzen in diesen Gesteinen selbst oder in den Nebengesteinen gibt die

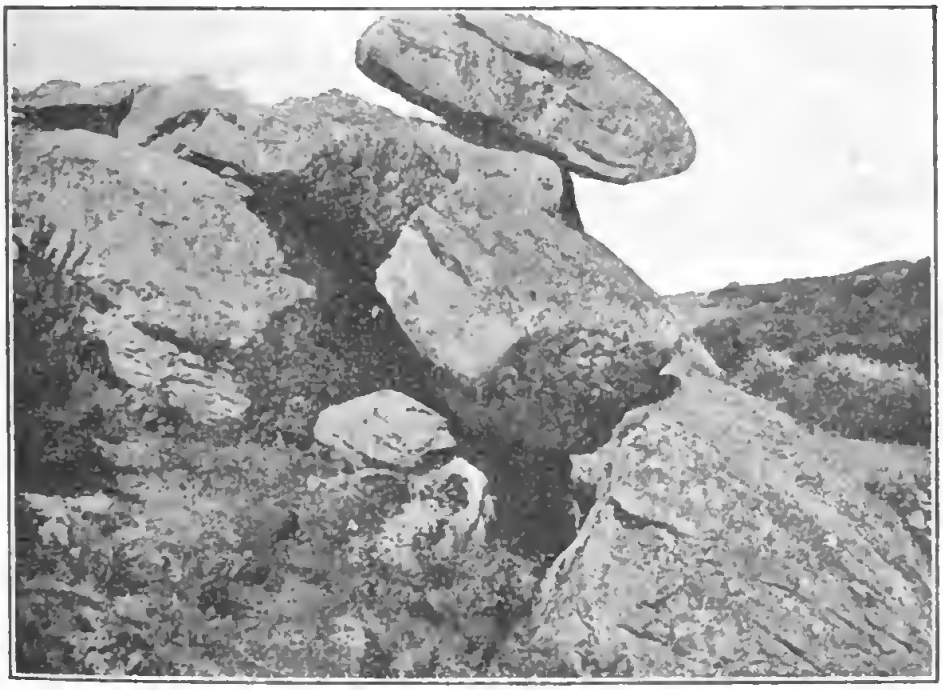


Abb. 40. Partie aus einem Felsenmeer (la pierre tremblante) in der Bretagne.

Veranlassung zur Bildung der Achatmandeln (S. 15), der als Zeolithgruppe zusammengefaßten Kieselsäureverbindungen, der herrlichen Tropfsteingebilde in den Höhlen (Stalaktiten, wenn sie von der Wölbung der Höhle herabhängen, Stalagmiten, wenn sie sich vom Boden aus erheben), gewisser später noch zu behandelnder Erzgänge, der Quellenabsätze, von denen gleich im folgenden die Rede sein wird usw.

Entstehung der Quellen.

Die Quellen entstehen dadurch, daß das Wasser der atmosphärischen Niederschläge, Regen usw., so tief in den Erdboden eindringt, als es die lokalen Umstände erlauben, und dann gesammelt an einzelnen Stellen in Form von Quellen wieder ausfließt.

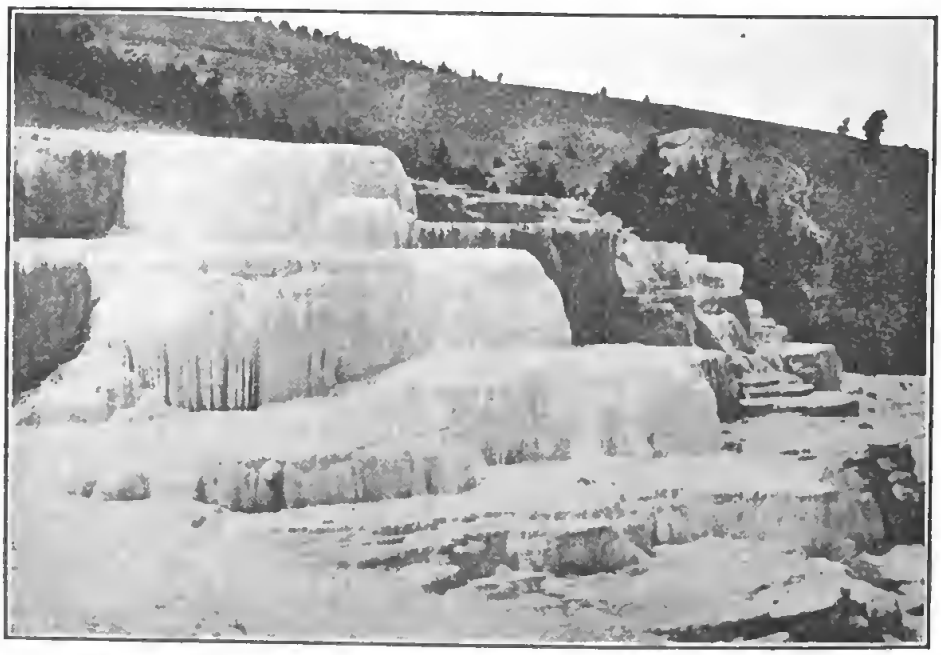


Abb. 41. Kalksinterterrassen im Yellowstonegebiet, Nordamerika.

Die geologischen Wirkungen der Quellen.

Das Wasser löst auf seinem unterirdischen Wege gewisse Bestandteile der Gesteine in kleinen Mengen, aber unausgesetzt, zum Teil unter Vermittelung von Kohlensäure auf und führt dieselben in den Quellen zutage. Hier lagern diese Materialien sich entweder sogleich wieder ab, oder dieselben werden durch die Flüsse den Landseen und den Meeren zugeführt. An den Quellen werden dieselben zum Teil schon wieder abgesetzt, weil die Kohlensäure, welche die Auflösung vermittelte, wieder entweicht, auch wegen der Verdunstung und Abkühlung des vorher im Erdinnern etwas erwärmten

Wassers. Diese Quellenablagerungen bestehen aus Bildungen von Kalktuff, von Eisenoxydhydrat, Kieselsinter usw.

Die Quellenabsätze, die sehr oft unter Beihilfe von Algen vor sich gehen, nehmen bisweilen einen beträchtlichen Flächenraum ein. So bilden manche sehr kalkreiche heiße Quellen großartige Sinterterassen (Abb. 41), oder das ebenfalls äußerst kalkreichen Quellen entstammende Wasser gewisser

Abb. 42. Travertinbildungen des Anio an den Wasserfällen von Tivoli bei Rom.

Flüsse hat gewaltige Gesteinsmassen zusammengebracht, die den Namen Travertin führen (Abb. 42).

Mineralquellen. Quellen, die reicher an gelösten Substanzen sind als die gewöhnlichen Quellwasser, bezeichnet man als Mineralquellen. Es liegt auf der Hand, daß sich hier eine scharfe Grenze nicht ziehen läßt, weil nur in höchst seltenen Ausnahmefällen Quellen ohne Mineralstoffe und Gase an der Erdoberfläche austreten. Mineralquellen finden sich sowohl in der Gestalt von Quellen mit gewöhnlicher

Temperatur als auch in derjenigen von heißen Quellen, Thermen, (siehe Seite 67).

Die Gesteine, durch die das Wasser aus der Tiefe zur Erdoberfläche emporgedrängt wird, werden je nach deren Zusammensetzung aus mehr oder weniger löslichen Stoffen und je nach der Temperatur des dieselben durchströmenden Wassers von letzterem angegriffen. Daher kommt es, daß der Gehalt der Quellen an mineralischen Stoffen ein sehr verschiedener ist und man dieselben nach diesem Gehalte eingeteilt hat in

1. Quellen mit sehr geringem Gehalt an festen oder gasigen Substanzen (selten mehr als 0,6 g Festes im Liter), meist Thermen, die indifferenten Thermen (Wildbäder), als z. B. Ragaz-Pfäffers, Wildbad, Gastein usw.

2. Quellen mit höherem Gehalt an kohlensaurem Natron und freier Kohlensäure, unter Zurücktreten der übrigen Bestandteile (Kochsalz, schwefelsaures Natron usw.), die alkalischen Quellen. Beispiele: Mühlbrunnen und Sprudel in Karlsbad.

3. Quellen mit Gehalt an Schwefelverbindungen (freier Schwefelwasserstoff, Sulfide der Alkalien, des Kalks oder der Magnesia), die Schwefelquellen. Beispiele: Aachen, Aix-les-bains in Savoyen usw.

4. Quellen, ausgezeichnet durch ihren Gehalt an Kochsalz, die Kochsalzquellen und Halothermen. Beispiele: Wiesbaden, Nauheim.

5. Quellen mit großem Gehalt an Kieselsäure, die Geiser (Island, Nordamerika usw., Seite 69).

Auch die Wassermenge dieser Thermen ist eine sehr verschiedene; einzelne fließen nur spärlich, andere sind sehr wasserreich. Die meisten Quellen fließen beständig, andere aber nicht, sondern ihre Wasserausströmungen erfolgen nur in ganz bestimmten Zeiträumen. Man nennt dergleichen Quellen intermittierende Quellen.

Die geologischen Wirkungen der Bäche und Flüsse.

Die Wasserläufe reißen da, wo ihr Gefälle sehr stark ist, besonders bei ungewöhnlichen Anschwellungen, durch mechanische Kraft Teile ihrer Ufer und Betten mit sich fort, runden die festeren Teile zu Geschieben ab, zermalmen die lockeren zu Sand und Schlamm und lagern alles das an Orten, woselbst ihr Gefälle geringer ist, in Landseen oder in Meeren, besonders aber vor ihrer Einmündung, wieder ab.

Die Hauptresultate ihrer Tätigkeit sind demnach folgende: Austiefung der Flußbetten oder Täler in Gebirgsgegenden (Erosion), Erhöhung derselben in Niederungen, Ausfüllung von Landseen, Deltabildungen vor den Flußmündungen und Ablagerungen auf dem Meeresboden.

Die Materialien dieser Bildungen bestehen aus Geschieben, aus denen Konglomerate werden können; aus Sandablagerungen, die zu Sandsteinen werden können; aus Ablagerungen von Ton, Mergel oder auch Kalkschlamm, aus denen feste Schichten von Ton, Schieferton, Tonschiefer, Mergel, Mergelschiefer und Kalkstein werden können. Außerdem werden auch Pflanzen- und Tierreste vom Wasser fort- und angeschwemmt, aus denen unter gewissen Umständen Kohlenlager usw. sich bilden.

Die Mächtigkeit dieser Bildungen ist eine viel größere als diejenige der durch die Quellen hervorgebrachten, und sie umfassen zum Teil sehr ausgedehnte Ablagerungen. So kennt man Deltabildungen, die in historischer Zeit sich um Hunderte von Quadratmeilen auf Kosten des Meeres vergrößert haben, und wiederum sind zahlreiche Stellen auf dem Lande bekannt, woselbst früher Landseen vorhanden waren, die nach und nach ganz ausgetrocknet worden sind.

Die geologischen Wirkungen des Meeres.

Die geologischen Wirkungen des Meeres bestehen hauptsächlich in der Wiederablagerung aller derjenigen Substanzen,

welche die Flüsse im aufgelösten Zustande oder durch mechanische Kraft in dasselbe einführen. Aber auch Zerstörungen bringt das Meer hervor, denn es nagt überall an seinen

Abb. 43. Zerstörte Felsenküste auf Helgoland (Mönch und Predigerstuhl).

Ufern und reißt, je nach der Natur derselben, mehr oder weniger feste Teile davon los, die nachher irgendwo, wie die durch die Flüsse angeschwemmten Materialien, wieder zur

Ablagerung gelangen. Diese zerstörende Einwirkung des Meerwassers auf die Küstengesteine bezeichnet man als Abrasion (Abb. 43 und 44). Die Tierwelt der Ozeane hilft bei diesem Vorgang wesentlich; Bohrmuscheln, bohrende Seeigel, Würmer, Bohrschwämme usw. greifen die Gesteine an und unterstützen das Meerwasser bei deren Auflockerung. Auch die Wirkungen des Frostes sind in höheren Breiten nicht unwesentliche Helfer der Abrasion. Ablagerungen des

Abb. 44. Zerstörende Einwirkung des Meeres auf eine Flachküste. Nordkante der Hallig Hooge, Schl.-Holstein.

Meeres sind nur da, wo sie an Küsten erfolgen, deutlich zu beobachten; es finden aber notwendigerweise und, wie die neuesten Untersuchungen des Meeresbodens der Tiefsee ergeben haben, auch entfernt von den Küsten solche Ablagerungen statt. Dieselben werden befördert durch Unterbrechung der Bewegung des Wassers, durch Verdunstung, durch die Lebenstätigkeit vieler Meerestiere, sowie vielleicht auch noch durch unbekannte chemische Vorgänge.

Die Ablagerungen des Meeres sind also von zweierlei Art. Einmal bestehen dieselben aus dem dem ozeanischen

Wasser zugeführten Detritus, der aus der mechanischen Zerstörung der Festländer hervorgegangen ist. Dieses Material bildet in der Nähe des Landes die Kontinentalzone des Meeresgrundes, die Kontinente und Inseln in einer mittleren Breite von etwa 250 km umzieht, aber bis 600 km anwachsen kann. Am Rande der Küste kommt der gröbere Sand zur Ablagerung, die feineren Teilchen bleiben länger in Suspension und gelangen erst in größeren Entfernungen vom Ufer zum Absatz. Dort, wo der Meeresboden von Strömungen gefegt wird, ändern sich natürlich die Ablagerungsverhältnisse.

Der Kontinentalzone folgt die Zone des blauen und grünen Kontinentalschlammes mit einer Breite von etwa 100 bis 550 km und bis zu 7000 m Meerestiefe nachweisbar. Ihre Ablagerungen bestehen aus einer Mengung der feinzerriebenen Bestandteile aller an dem Bau der Festländer teilnehmenden Felsarten und zeigen eine Korngröße von meist weniger als 0,5 mm. In absteigendem Verhältnis nehmen an der Zusammensetzung des blauen Kontinentalschlammes teil Quarz, Glimmer, Feldspat und Hornblende. Der grüne Schlamm weist die gleichen Bestandteile auf, erhält jedoch durch Beimengung von Glaukonitkörnern seine charakteristische Färbung.

In den größeren Tiefen des Ozeans von mehr als 5000 m herrscht der rote Tiefseeton, der ein Areal von mindestens 134 Millionen Quadratkilometer oder über zwei Fünftel des Bodens der offenen Ozeane bedeckt. Grau, rot bis schokoladebraun ist seine Färbung; er ist fast gänzlich kalkfrei und nur in sehr geringem Maße mit Schalenresten kleiner Organismen vermengt.

Neben dem roten Ton finden wir in den Tiefen noch Ablagerungen, die im wesentlichen nur aus den Schalen kleiner kalk- oder kieselabscheidenden Organismen bestehen, so den Globigerinenschlamm, der in den Meeresräumen von einer mittleren Tiefe von 3650 m weit ausgedehnte Bodenflächen einnimmt, dann der Diatomeenschlamm, dieser

besonders in den polaren und weniger salzhaltigen Meeresteilen, und der Radiolarienschlamm, der ebenfalls große Verbreitung besitzt, der Pteropodenschlamm, usf. Die chemischen Absätze des Meeres, die Bildung von kalkigen oder dolomitischen Ablagerungen usf. kommen teils durch Verdunstungsvorgänge des Meerwassers (besonders in den tropischen Meeren), dann durch die Vermittlung von Kalkkarbonat ausscheidenden Pflanzen und Tieren (Algen, als Chlorosporeen und Florideen, Foraminiferen, Korallen, Bryozoen, usf.), zum Teil durch verwickeltere chemische Vorgänge (Reaktionen von Eiweiß auf Lösungen von Kalksalzen) zustande. Auch der vorerwähnte rote Tiefseeton ist ein derartiger chemischer Meeresabsatz, durch sehr langsam erfolgende Umwandlung aus den ebenfalls schon genannten Anhäufungen von Globigerinen, Pteropoden usf. entstanden.

Die geologischen Wirkungen des vadosen Wassers in fester Gestalt, als Eis.

Eis übt in verschiedener Gestalt geologische Wirkungen aus, und zwar als Treibeis, als Gletscher und als Inlandeis.

Gletscher sind Eismassen, die sich durch Druck- und Temperatureinwirkungen aus den Schneemengen bilden, die in hohen Gebirgen und in den arktischen Gegenden auch während des Sommers nicht schmelzen; die Gletscher reichen oftmals bis weit unter die Schneegrenze in die Gebirgstäler hinab.

Die Bewegung des Gletschers entspricht derjenigen einer sehr zähen Flüssigkeit, die auf geneigtem Boden abwärts fließt. Der gegenseitige Druck der Eisteilchen unterhält die Bewegung, Reibungswiderstände im Gletscherbett hemmen dieselbe, durch die Gesetze der inneren Reibung wird sie geregelt. Im Laufe ihrer Bewegung erfährt die Eismasse eines Gletschers beständigen Substanzverlust durch Schmelzung oder durch Abbruch. Die Geschwindigkeit des strömenden Eises

iſt in den verſchiedenen Querſchnitten des Gletſchers eine wechſelnde und nicht einem reinen Gleiten auf der Unterlage zuzuſchreiben. Die Plaſtizität, die das Eis zum Fließen befähigt, iſt eine auf der Wirkung der Molekularkräfte beruhende Eigenſchaft und wird weder durch die Struktur des Gletſcherkorns noch durch die Temperaturverhältniſſe des Gletſchers bedingt, wenn ſie auch durch beide Umſtände begünſtigt wird. Die Intenſität der Bewegung eines Gletſchers iſt daher von der mehr oder minder ſteilen Beſchaffenheit ſeines Bettes abhängig, dann von der Laſt des nachſchiebenden Eiſes, von der mehr oder minder feuchten Temperatur der betreffenden Jahre uſf., und die Bewegungsgeſchwindigkeit wird im allgemeinen bei den verſchiedenen Gletſchern eine verſchiedene ſein. Sie iſt jedoch durchweg in der Mitte des Gletſcherſtromes größer als an ſeinen Rändern, auch iſt ſie ferner in allen Teilen des Gletſchers durchaus nicht gleichmäßig. Am unteren Ende des Eisſtromes iſt ſie zuweilen kaum fühlbar, während ſie in ſeiner Mitte ſehr beträchtlich ſein kann.

Die Beſchaffenheit des Gletſchereiſes. Im Sammelgebiet des den Gletſcherſtrom ſpeiſenden Schnees erhält dieſer durch Druck und molekulare Kräfte eine körnige Struktur und wird zu Firn. *Die Gletſcherkörner* ſind Kriſtallindividuen mit unregelmäßigen Begrenzungsflächen und greifen gelenkartig ineinander; ihre Größe iſt meiſt die einer Erbſe, gegen das Ende des Eisſtromes hin nehmen ſie jedoch meiſt an Dimenſionen zu und erhalten den Umfang eines Taubeneies, ja ſogar einer Fauſt. Das Gletſchereis zeigt ferner ſehr oft eine deutliche Schichtung und wird in ſeiner ganzen Ausdehnung von größeren und kleineren Klüften und Spalten durchzogen.

Moränen. Die von den Talgehängen auf den Eisſtrom niederfallenden Stein- und Schuttmaſſen trägt dieſer mit ſich talabwärts. Man bezeichnet dieſelben als *Moränen* und teilt ſie ein in *Oberflächenmoränen* und in *Grundmoränen*.

Die Oberflächenmoränen teilt man je nach ihrer Lage wiederum ein in Seitenmoränen und in Mittelmoränen. Fast jeder Gletscher weist Seitenmoränen, nicht aber alle weisen Mittelmoränen auf. Während nämlich die Seitenmoränen direkt durch das Herunterfallen von Gesteinsmassen von den Talgehängen des Gletschers auf denselben entstehen, ist dies bei den Mittelmoränen nicht der Fall; dieselben werden nur dann gebildet, wenn zwei Gletscher sich

Abb. 45. Oberaargletscher im Berner Oberland, mit Seiten- und Mittelmoränen.

vereinigen und zusammenfließen und dann die linke Seitenmoräne des einen sich mit der rechten Seitenmoräne des andern vereinigt, woraus dann eine Mittelmoräne auf dem neuen Gletscher entsteht (Abb. 45). Sehr viele Gletscher haben deren zwei, drei, ja noch mehr, und demnach läßt sich aus der Anzahl von Mittelmoränen erkennen, aus wie viel kleineren Gletschern oder auch Gletschern zweiter Ordnung, auch einfache Gletscher genannt, ein solcher größerer Gletscher oder Gletscher erster Ordnung, auch zu-

ſammengeſetzter Gletſcher, beſteht. Da der Gletſcher durch ſeine talabwärts gerichtete Bewegung notwendigerweiſe eine Stelle erreichen muß, wo er abſchmilzt, das Gletſcherende, ſo ſetzt derſelbe an dieſer Stelle das Moränenmaterial ab, das nur zum Teil durch die Schmelzwaſſer der Gletſcher weiter fortgeführt wird, und ſo entſtehen dann meiſt am Gletſcherende förmliche Schuttwälle, die gewiſſermaßen das untere Ende des Gletſchers umſäumen, und die man Endmoränen genannt hat. Solche Endmoränen finden wir oftmals heutzutage noch vor, wo längſt keine Gletſcher mehr exiſtieren, und dadurch wird uns bewieſen, daß die Gletſcher zum Teil früher eine größere Ausdehnung gehabt haben als in der heutigen Zeit.

Die Grundmoränen. Das Gletſchereis ſtellt durchaus keine ebene Fläche dar; der Gletſcher iſt im Gegenteil ſeiner ganzen Länge und Breite nach von einem Syſtem von größeren oder kleineren Spalten durchzogen. In dieſe Spalten geraten nun zum Teil Schuttmaſſen und Geſteinsſtücke von den Moränen, und da dieſe Spalten oftmals die ganze Mächtigkeit des Gletſchereiſes durchſetzen, ſo gelangen dieſe Geſteinsbrocken an die untere Seite des Gletſchereiſes dahin, wo das Gletſchereis die Felsmaſſe, auf der es ſich talabwärts bewegt, berührt, auf das ſogenannte Gletſcherbett.

Neben dieſen auf ſolche Weiſe auf das Gletſcherbett geratenen Geſteinsbruchſtücken kommen noch weitere auf andere Art dahin, nämlich durch das Einſchmelzen in das Eis. Man muß ſich faſt die ganze Oberfläche des Gletſchers und nicht nur den von den Moränen eingenommenen Flächenraum mit größeren oder kleineren Geſteinsſtückchen wie beſäet denken. Dieſelben ſchmelzen im Gletſchereiſe ein und allmählich durch dasſelbe hindurch, bis ſie auf dem Gletſcherbette angelangt ſind. Zwiſchen dem Gletſchereiſe und dem Gletſcherbette exiſtiert daher eine meiſt nur ziemlich dünne Schicht von Schlamm, Grus und größeren und kleineren Geſteinsbruchſtücken, die Grundmoräne. Da nun der Getſcher ſich talabwärts bewegt, ſo wird durch dieſe Bewegung und durch

den von der darauf lastenden Eismasse verursachten Druck diese Grundmoräne wie eine Feile auf den harten Felsboden, dem sie aufgelagert ist, auf das Gletscherbett einwirken. Sie wird dasselbe ritzen und schrammen, und zwar werden diese Ritzen und Schrammen stets in der Richtung auf dem Felsboden verlaufen, in der die Talabwärtsbewegung des Gletschers erfolgt ist (Abb. 46). Nicht nur auf solche Weise wirkt die Grundmoräne auf ihren Untergrund ein,

Abb. 46. Vom Gletschereise geschrammte Felsenoberfläche im Gletschergarten zu Luzern.

sondern sie kann auf denselben auch einen in viel größerem Maßstabe erodierenden Einfluß ausüben, indem sie weichere Gesteinsschichten gewissermaßen aufpflügt, Täler zu „U"-förmigen sogenannten „Trögen" ausarbeitet, Fjorde bildet usf.

Alpiner Gletschertypus und Inlandeis. Man unterscheidet den soeben geschilderten alpinen Gletschertypus, der sich in allen Hochgebirgen der Erde wiederfindet, vom Inlandeise. Letzteres hält weit ausgedehnte Plateaus,

sogar ganze Kontinente (Grönland), die in die Regionen des ewigen Schnees emporreichen und eine nur geringe Neigung ihrer Oberfläche besitzen, unter seinem weißen Leichentuch begraben. Das Eis strömt in langsamer Bewegung gegen den Rand der Hochfläche und sendet meist gletscherartige Ausläufer durch die Täler bis ins Meer hinein, woselbst deren Eismassen eine Zeitlang noch auf dem Wasser weiter fortbewegt werden, bis sie endlich sich in Eisberge auflösen (kalben). Diese Eisberge (das Treibeis) werden von den südlich fließenden Strömungen erfaßt und von denselben in südlichere Breiten geführt; beim Abschmelzen fällt die Gesteinslast, mit der sie beladen und durchsetzt sind, auf den Meeresboden und bildet hier größere oder geringere Ablagerungen (Abb. 47). Eigentümlich ist der Umstand, daß die Inlandeismassen meist einer Oberflächenmoräne entbehren und solche nur in der Nähe der Nunnatakar, gewisser felsiger, über das Inlandeis zuweilen ragender Kuppen, aufweisen. Man hat gefunden, daß die Schmelzwasser einiger großer Gletscher Grönlands eine ungeheure Menge von Schlamm ins Meer führen, wogegen die Massen, die z. B. die Aar ihren Gletschern entzieht, geradezu als ein Kinderspiel erscheinen, ein Umstand, der darauf schließen läßt, daß im Untergrunde des grönländischen Inlandeises eine starke Menge verwitterter Felsmassen vorhanden sein muß. Spielen die Inlandeismassen auch gegenwärtig keine so große geologische Rolle, so hat man doch in vergangenen Epochen der Erdgeschichte in den Ablagerungen der Diluvialzeit großartige Wirkungen ehemaliger Inlandeismassen erkannt.

Die Entstehung und die Einteilung der sedimentären Gesteine.

Aus dem Vorgesagten erhellt, daß die sedimentären Gesteine solche sind, die

entweder aus einer wässerigen Lösung ausgeschieden (auskristallisiert) werden,

Abb. 47. Treibeis und Eisberge im Beringsmeer.

oder aus einem mechaniſchen Abſatz des Waſſers hervorgegangen ſind.

Auch bei dieſen Geſteinen iſt die Analogie der gegenwärtig noch ſich bildenden ſedimentären Felsarten für die Beurteilung von der Entſtehungsweiſe derjenigen aus früheren geologiſchen Perioden maßgebend. Die ſedimentären Geſteine enthalten ſehr oft noch die Überreſte derjenigen Tiere und Pflanzen, die zur Zeit ihrer Bildung in den Gewäſſern, aus denen ſie niedergeſchlagen gelebt haben oder in dieſe vom Lande her eingeſchwemmt werden, die Foſſilien oder Verſteinerungen.

Minerogene Sedimentärgeſteine werden die aus bloßen Anhäufungen von Mineralſtoffen beſtehenden genannt. Man unterſcheidet ſolche mechaniſchen Urſprungs, wie gewiſſe Sandſteine, Breccien, Konglomerate und andere mehr, und ſolche chemiſchen Urſprungs, wie Rogenſteine, Kalktuffe, Anhydrit, Steinſalz, Gips, die ſich heute alle meiſt noch vor unſeren Augen bilden uſſ. Auch gewiſſe kriſtalliniſche Quarzſandſteine, Tonſchiefer, Schiefertone uſw. gehören zum Teil hierher.

Phytogene Sedimentärgeſteine ſind durch die Vermittlung der Tätigkeit des Pflanzenlebens entſtanden. Hierher gehören die Kohlengeſteine und die durch Vermittlung der Kalkalgen gebildeten Geſteine, die Nullipore n- und Lithothamnienkalke der Tertiärformation, die Gyroporellenkalke der alpinen Trias, die Schichten von großer Mächtigkeit bilden, die Paläoporellen- und Vermiporellengeſteine des Silurs uſw.

Zoogene Geſteine werden durch die Vermittelung des Tierlebens gebildet. Die Tiere, welche die Veranlaſſung der Bildung ſolcher zoogener Geſteine geben, ſind meiſt niedere. So können wir mit Recht annehmen, daß der größte Teil der Kalkſteine, die in früheren geologiſchen Perioden zur Ablagerung gekommen ſind, durch tieriſche Organismen gebildet wurden, ſelbſt wenn wir heute keine Spur derſelben mehr in den Geſteinen zu erkennen vermögen. Die jetzigen

Strukturverhältnisse dieser Felsarten sind späteren Umbildungen zu verdanken. Es gibt aber auch Gesteine, deren Entstehung aus Foraminiferenresten deshalb außer Zweifel ist, weil sie förmlich davon erfüllt, ja völlig von ihnen gebildet sind, so z. B. die Fusulinakalke des Karbons, die Kreidemergel der Kreide, die Miliolliden- und Nummulitenkalke des Tertiärs usw.

Welche mächtigen riffartigen Ablagerungen die Korallen herzustellen vermochten und auch heute noch hervorbringen, das lehrt uns die historische Geologie und die Zoologie. Mächtige Kalksteinbildungen der Juraperiode verdanken beispielsweise denselben ihr Dasein, und auch zu noch anderen Zeiten nahmen dieselben in hohem Maße an der Gesteinsbildung teil.

Manche andere Gesteine sind durch die Tätigkeit der Bryozoen und der Brachiopoden entstanden, so die Bryozoenriffe des Zechsteins und der oberen Kreide, die Terebratelbänke des Muschelkalks; die Krinoideen haben die Krinoideenkalke (Trochitenkalk) gebildet, die Mollusken die Litorinellenkalke, die Gryphitenkalke, die Hippuritenkalke usw., die Würmer den Serpulit; letztere spielen heute noch, wie Darwin nachgewiesen hat, eine große Rolle bezüglich der Humusbildung. Den Wirbeltieren ist die Entstehung der Bonebed genannten Ablagerungen, der Knochenbreccien und der heutigen Guanobildungen usw. zu verdanken.

Die Lagerungsverhältnisse der sedimentären Gesteine.

Die Schichtung. Schichtung findet sich in der Regel nur bei aus Wasser abgelagerten, also bei Sedimentärgesteinen; zuweilen sind aber auch Lavaergüsse wiederholt übereinandergeflossen und dann ebenfalls geschichtet. Die Schichtung entspricht in der Regel auch der Lagerung der Gesteine, und diese sind stets in der Ebene ihrer Schichten, dem Streichen und Fallen, am weitesten verbreitet (Abb. 48).

Streichen und Fallen. Als Streichen bezeichnet man die horizontale Erstreckung einer Schicht, als Fallen

dagegen die stärkste Neigung derselben gegen den Horizont. Beide Richtungen stehen senkrecht aufeinander, und man ermittelt sie mit Hilfe eines eigens zu diesem Zwecke konstruierten Instrumentes, des Bergkompasses.

Schichtenreihen nennt man eine gleichförmige Aufeinanderfolge von Schichten.

Hangendes und Liegendes. Jede Schicht hat meist gewisse Steinmassen, die auf ihr lagern, ihr Hangendes

Abb. 48. Schichtung: Schichten des tertiären Flyschsandsteins, Fort Carra, französische Seealpen.

oder auch ihr Dach genannt. Die unter der betreffenden Schicht lagernden Gesteinsmassen nennt man ihr Liegendes oder ihre Sohle. Die obere Grenze einer Schicht nennt man ihre Dachfläche, die untere ihre Sohlfläche.

Lagerungsverhältnisse der Schichten. Verschiedene Schichten liegen entweder übereinander, dann spricht man von Übereinanderlagerung oder, wenn dieselben miteinander abwechseln, von Wechsellagerung. Liegen

bei einer Übereinanderlagerung verschiedener Schichten dieselben zueinander parallel, so befinden sie sich in normaler oder gleichförmiger Lagerung oder auch in konkordanter Lagerung (Abb. 49); laufen die Schichtflächen nicht parallel, so redet man von abnormer, ungleichförmiger oder auch diskordanter Lagerung. In A Abbildung 50 sieht man die Schicht b die Schicht a überlagern, in B die Schichten a und b in Wechsellagerung miteinander, in C die Schichten a und b in normaler Lagerung und in D die Schichten a und b in abnormer Lagerung. Bei abnorm gestellten Schichten spricht man von übergreifender Lagerung, wenn ein Schichtensystem über

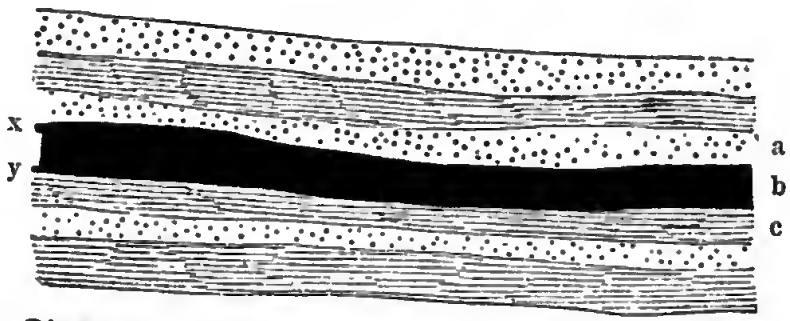


Abb. 49. Die Schicht b ist horizontal zwischen den Schichten a und c eingelagert; a ist ihr Hangendes, c ihr Liegendes, x ihre Dachfläche, y ihre Sohlfläche. Die Schichten a, b und c befinden sich in konkordanter Lagerung.

das andere hinüberreicht (E), und von abstoßender Lagerung, wenn die Schichten des einen Systems an denen des anderen plötzlich mehr oder weniger senkrecht enden oder absetzen (F). Ein Schichtensystem liegt entweder horizontal oder sohlig, wie in Abbildung 49, oder es liegt unter irgend einem Winkel zur Horizontalen geneigt (A, B, und C Abb. 50), oder es hat gar seigere Lagerung oder steht auf dem Kopfe, d. h. es steht senkrecht. Ist die Schicht im Verhältnis zu ihrer ursprünglichen Lagerung um mehr als 90° aus ihrer früheren Stellung verschoben worden, so ist sie überkippt. Das Ende, mit dem ein geneigtes Schichtensystem an die Erdoberfläche tritt, nennt man sein Ausgehendes.

Schichtenstörungen. Aus dem Vorstehenden erhellt, daß die Schichten sich nicht immer mehr in ihrer ursprünglichen Lagerung befinden, sondern daß deren Lagerungsverhältnisse vielfach gestörte sind. Diese Schichtenstörungen

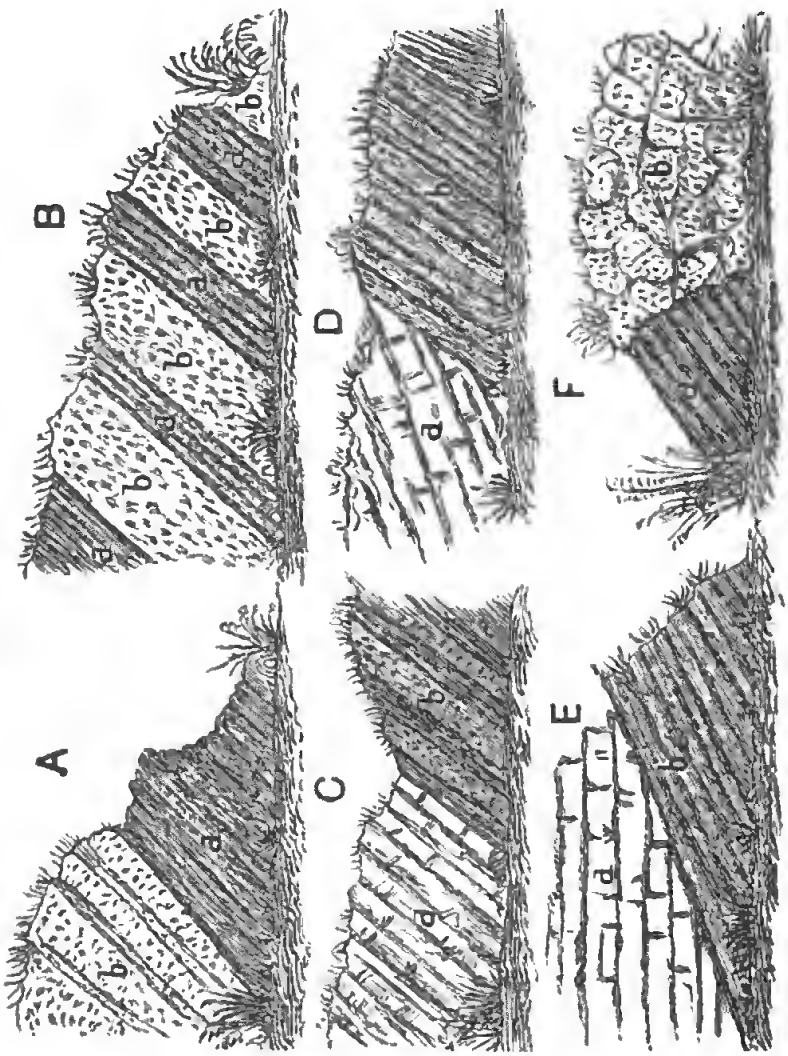


Abb. 50. Verschiedene Schichtensysteme.

werden durch zweierlei Umstände und auf zweifache Weise hervorgerufen, nämlich durch **Faltungen** und durch **Spaltungen und Verwerfungen.**

Faltungen. Die Ursachen, welche die Faltungen von Gebirgsschichten hervorrufen, sind bei Besprechung der Ursachen des Vulkanismus (S. 72) schon erwähnt worden.

Was eine Schichtenfalte ist, erläutert besser als Worte die Abbildung 51. Ein Faltensystem besteht aus einer Reihe von Schichtenauftreibungen und Erhöhungen, den Sätteln, A und AT in derselben Abbildung. Zwischen zwei solche Sättel kommt eine Mulde zu liegen, ST in der Abbildung.

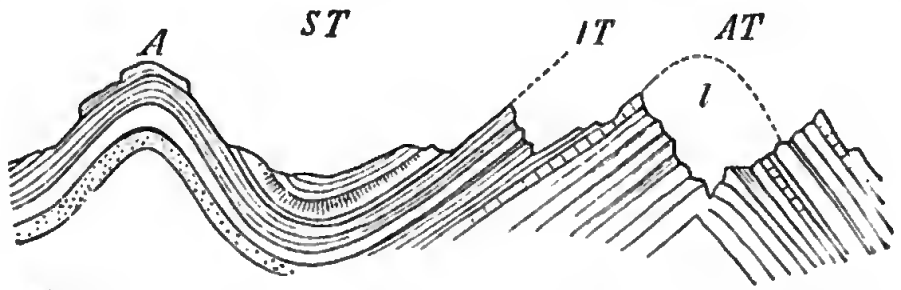


Abb. 51. A und AT Sättel; ST Mulde; l Luftsattel. Nach Heim.

Eine Mulde nennt man auch eine Synklinale; die Schichten fallen in einer Mulde von beiden Seiten nach einer Mittellinie hin, oder synklinal. Den Sattel kann man auch als Antiklinale bezeichnen; die Schichten fallen auf beiden Flügeln derselben antiklinal ein. Muß man sich den

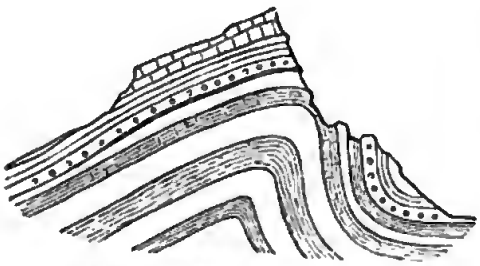


Abb. 52. Schiefe Falte. Nach Heim.

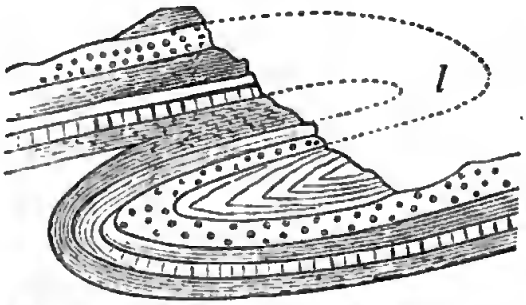


Abb. 53. Liegende Falte. Nach Heim. l Luftsattel.

Sattel durch eine Fortsetzung der Schichten in der Luft vervollständigt denken, so nennt man denselben einen Luftsattel (l in Abb. 53). Je ein Sattel und eine sich daranschließende Mulde bilden eine Falte. Man unterscheidet stehende oder symmetrische Falten (A in Abb. 51), geneigte oder schiefe und liegende oder überhängende Falten (Abb. 52 und 53). Bei diesen letzteren kann die Überkippung der Schichten

so weit gehen, daß die Faltenflügel fast eine horizontale Lage erhalten, ja sogar, daß der eine Flügel förmlich über den anderen geschoben wird. Oftmals ist die obere Umbiegung der Sättel, der Sattelkamm, von der Denudation und der

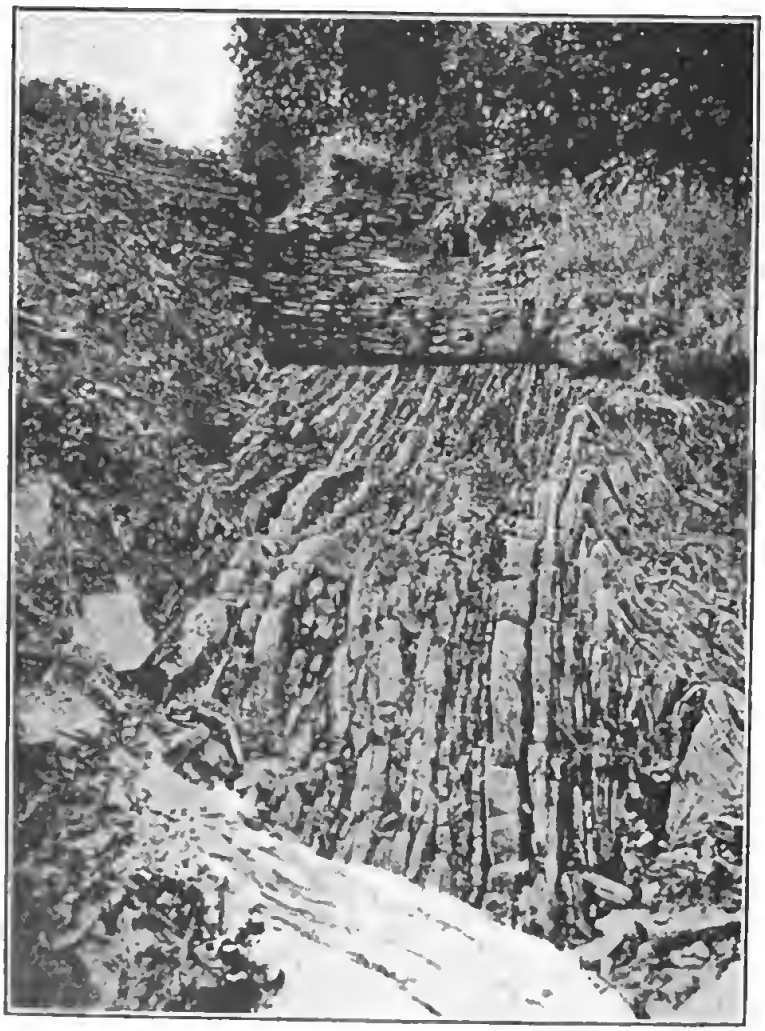


Abb. 54. Gefaltete Kieselschiefer des Kulm, diskordant von permischen Bildungen überlagert, bei Osterode a. Harz. Nach Behme.

Verwitterung zerstört worden, so daß nur noch die Faltenflügel stehenbleiben und ein mehr oder weniger entwickelter Luftsattel entsteht, (A T in Abbildung 51). Sind nun diese Faltenflügel zusammengequetscht worden, so entsteht eine

eigentümliche Lagerungsform, die sogen. fächerförmige Schichtenlagerung, die sich sehr schön z. B. in den Zentralalpen findet. Man spricht auch von sogen. gewundener Faltung. Ähnlich wie die Faltungen im großen, an Gebirgen, vor sich gehen, finden sie auch im kleinen und in geringerem Maßstabe in einzelnen Schichtenkomplexen statt, die dann geknickt und gefältelt, auch gewunden sind, wie Abb. 54 zeigt.

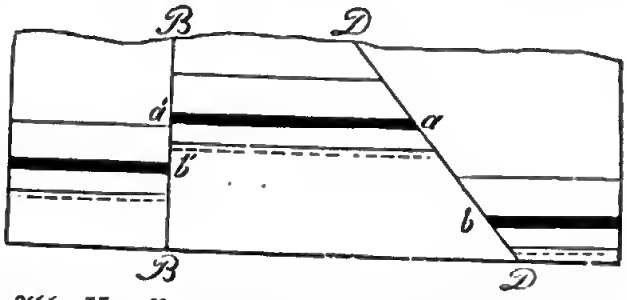


Abb. 55. Verwerfungen. A vertikale, D geneigte Verwerfungsspalte; a b und a' b' Sprunghöhe.

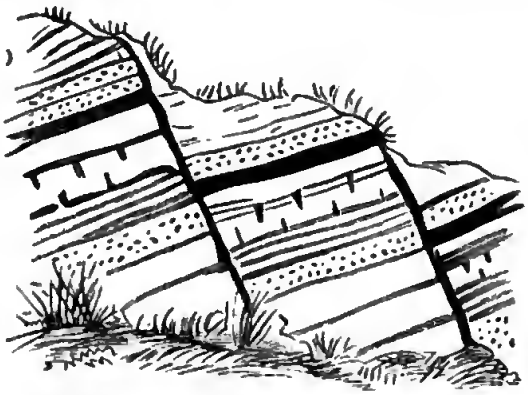


Abb. 55a. Treppenförmige Verwerfungen.

Spaltenbildung und Verwerfung. Diese Vorgänge stehen oftmals mit der Faltung in engstem Zusammenhange.

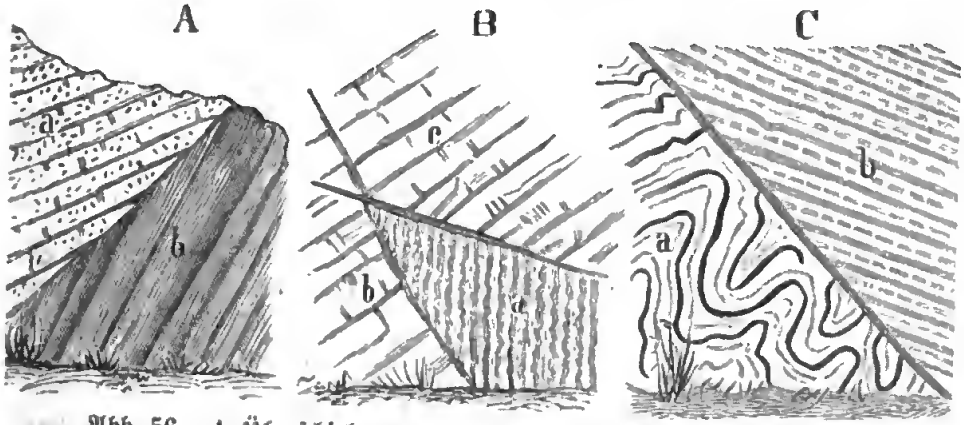


Abb. 56. A Überschiebung, B Einkeilung, C Schichtenstauchung.

Unter Verwerfung versteht man die Verschiebung zweier Schichten in der Weise, daß die von einer Spalte durch-

schnittenen Schichten auf einer Seite derselben gehoben oder gesenkt, oder auch seitlich gehoben sind, so daß nun ihre Fortsetzungen nicht mehr aneinanderpassen. Eine solche Spalte nennt man eine Dislokations- oder Verwerfungsspalte, auch Sprungkluft. Die Größe der stattgehabten Niveauveränderung nennt man die Sprunghöhe. Diese Sprunghöhe variiert sehr. Man kennt Verwerfungen von nur wenigen und solche von vielen Hunderten von Metern. Eine Verwerfungsspalte ist entweder eine vertikale oder eine geneigte (Abb. 55). Eine Gegend ist oftmals von einer ganzen Reihe von Verwerfungsspalten durchschnitten, die dann entweder aneinander parallel verlaufen, oder sich unter den verschiedensten Winkeln kreuzen und schneiden. Laufen diese Verwerfungsstellen parallel miteinander, so entstehen sogen. treppenförmige Verwerfungen (Abb. 55a), oder es finden Überschiebungen statt, wobei man noch die Mitwirkung eines lateralen Druckes annehmen muß (A Abb. 56), oder Einkeilungen (B Abb. 56); auch Schichtenstauchungen (C Abb. 56) können dadurch entstehen.

Die Einteilung der sedimentären Gesteine nach ihrer Zusammensetzung.

Eisgesteine, als Gletschereis am Aufbau der Erdrinde vielverbreitete Gesteine.

Gips und Anhydrit begleiten fast immer das später noch zu besprechende Steinsalz und sind nicht weniger häufig auf der Erde verbreitet als das letztere. Auch diese Gesteine kommen in fast allen Sedimentärbildungen vor.

Kalkstein. Man unterscheidet die Kalksteine entweder nach deren geologischem Alter (Kohlenkalk, Jurakalk) oder nach der Lokalität, an der sie typisch vorkommen (Hallstädter Kalk, Solnhofener Kalk), oder auch nach den Versteinerungen, die dieselben führen (Gryphitenkalk, Krinoideenkalk, Brachiopodenkalk). Die wesentlichen Bestandteile des Kalksteins sind kristalline Individuen von kohlensaurem Kalk, denen mehr

oder weniger Quarz, Ton, Eisenmineralien, Bitumen oder sonstige organische Substanzen beigemengt sind und Abweichungen in Konsistenz und Farbe bedingen. Man spricht daher von mergeligem, bituminösem, kieseligem Kalkstein usw. Ist der Kalkstein rein, so ist derselbe weiß; durch Beimengungen anderer Mineralien wird er grau, braun, gelb und schwarz usw. gefärbt.

Eine wichtige Varietät des Kalksteines bildet der sogen. körnige Kalk oder Marmor, der meist ganz rein und nur durch sehr wenige Beimengungen verunreinigt ist, so daß derselbe in schöner reiner weißer Farbe erscheint. Unter dem Mikroskop zeigt er einen höchst charakteristischen Aufbau aus Zwillingslamellen von Kalzit.

Auch die oolithische Struktur weist der Kalkstein manchmal auf. Man spricht ferner von dichtem Kalkstein, von erdigem Kalkstein usw.

Dolomit ist eine isomorphe Mischung von kohlensaurem Kalke und kohlensaurer Magnesia, wobei die erstgenannte Substanz im Übergewichte ist (54 zu 46). Die Struktur des Dolomits ist deutlich kristallin.

Mergel. Unter Mergel versteht man ein Gemenge von Kalkstein, Dolomit und Ton in sehr wechselndem Verhältnisse. Akzessorisch treten darin noch andere Mineralien auf, so daß man auch Gipsmergel, Sandmergel usw. neben Dolomitmergel, Kalkmergel, Tonmergel unterscheidet. Struktur teils dicht, teils schiefrig (Mergelschiefer). Zu den Mergeln stellt man auch den Kupferschiefer, ein mit fein verteilten Kupfererzen (Kupferkies und Buntkupfererz) imprägnierter Mergelschiefer. Der Guano gehört ebenfalls hierher und die analoge ältere Bildung, der Phosphorit, ein Gestein organischen Ursprungs, sehr phosphorhaltig.

Quarzit ist ein aus körniger oder auch dichter Quarzmasse bestehendes Gestein, das sich meist mit älteren kristallinischen Schiefergesteinen zusammenfindet. Itakolumit (Gelenksandstein) wird ein Quarzschiefer genannt, dessen einzelne Quarzteilchen gelenkartig ineinander verhakt sind,

ſo daß das Geſtein dadurch einen gewiſſen Grad von Biegſamkeit erhält. Der Itakolumit iſt beſonders in Braſilien verbreitet (Erſtreckung über 17 Breitengrade), führt bisweilen Gold und iſt das Muttergeſtein der braſilianiſchen Diamanten.

Kieſelſchiefer oder Lydit, ein durch kohlige Beimengungen dunkel gefärbtes ſchiefriges Quarzgeſtein, oft von weißen Quarzadern durchzogen.

Hornſtein und Feuerſtein, dichte Quarzvarietäten, die oft Knollen oder Schichten im Kalkſtein, beſonders in der weißen Kreide bilden. Hierher gehören auch der Kieſelſinter und der Kieſeltuff, aus Kieſelerde beſtehende Quellablagerungen, die ſich an vielen heißen Quellen finden, ſo z. B. an den Geiſern Islands.

Die Kieſelgur, der Polierſchiefer und Trippel ſind wenig feſte, aus den kieſeligen Panzern von Diatomeen beſtehende Geſteine. Als hierhergehörige Geſteine können füglich noch angeſehen werden: der Opal, der Menilith, amorphe Quarzvarietäten, und der Achat, eine Verbindung von Karneol und Chalcedon und anderen Varietäten von Kieſelſäure; ſie nehmen jedoch nur in ſehr untergeordneter Weiſe am Aufbau der feſten Erdrinde teil.

Ferner gehören hierher gewiſſe Eiſen- und Manganerze, die zuweilen ſelbſtändige Schichten und Lager zwiſchen anderen Geſteinen bilden und zweifellos ſedimentären Urſprungs ſind (Roteiſenſtein, Brauneiſenſtein, Kohleneiſenſtein, auch black band genannt, Spateiſenſtein, Sphäroſiderit oder Toneiſenſtein, Magneteiſenſtein, Bohnerz, Raſeneiſenerz und Seeerz, Manganerz).

Kohlengeſteine. Graphit, bisweilen Lager zwiſchen kriſtalliniſchen Schiefern bildend, auch ſelbſtändig auftretend als Graphitſchiefer. Anthrazit, bitumenfreie Steinkohle; auch Glanzkohle genannt, verbrennt ohne Rauch und ohne Geruch. Schwarzkohle oder Steinkohle, nur wenig Bitumen enthaltend. Braunkohle, bitumenreiche Kohle von

braunem Pulver. Dahin gehört der Lignit, die Blätterkohle, die Papierkohle, die Moorkohle, der Torf, ein filziges, erdiges oder dichtes Aggregat halb zersetzter Pflanzenteile.

Asphalt oder Erdpech, reines Bitumen. Erdöl, Petroleum, Naphtha finden sich zuweilen flüssig zwischen Gesteinen, oder durchdringen dieselben als bituminöse Substanzen.

Konglomerate. Bezüglich der Strukturverhältnisse der Konglomerate sei hier auf Seite 23 verwiesen. Das Bindemittel, das die einzelnen Rollstücke verkittet, kann entweder kieseliger oder kalkiger Natur sein. Bestehen die Konglomerate nur aus einer Sorte Gestein, so spricht man von monogenen, bestehen dieselben aus mehreren Arten von Gesteinen, so spricht man hingegen von polygenen Konglomeraten. Zu den Konglomeraten gehören auch die Grauwacken, dunkelgefärbte Gesteine, aus Stücken von Quarz, Kieselschiefer, Tonschiefer, Feldspat- und Glimmerteilchen, die oftmals schiefrig struiert sind (Grauwackenschiefer), gebildet. Diese Grauwacken sind in der paläozoischen Formationsgruppe sehr verbreitet, weshalb man auch das Silur- und Devonsystem früher als Grauwackenperiode bezeichnet hat. Ein tertiäres Konglomerat ist die Nagelfluh, ein anderes der Puddingstein der Engländer.

Breccien. Auch die Struktur dieser Art von Gestein ist schon früher erläutert worden (Seite 23). Eine der interessantesten Breccien ist das sogenannte Bonebed, eine in der Trias vorkommende, fast nur aus Knochenfragmenten, Koprolithen usw. bestehende Breccie. Gewisse Breccien an den Grenzen von Eruptivgesteinen mit sedimentären Bildungen oder entstanden durch die gegenseitige Reibung zweier Schichtenkomplexe nennt man Reibungsbreccien.

Sandstein. Das den Sandstein in erster Linie zusammensetzende Mineral ist Quarz in ziemlich kleinen Körnern. Das Bindemittel dieses letzteren ist, wie bei den Konglomeraten und den Breccien, entweder ein kalkiges oder

ein kieseliges, oftmals auch ein toniges. Man spricht von mergeligem, tonigem, kieseligem Sandstein, eisenschüssigem Sandstein (durch beigemengtes Eisenoxyd) usw. Dem Sandstein sind sehr oft gewisse akzessorische Bestandteile, wenn anders man von solchen hier reden kann, beigemengt, so z. B. gewisse Erze, Bleiglanz, Kupfererz usw. Die Farbe der Sandsteine ist äußerst verschieden, weiß, gelb, rot, braun, grün usw., je nach der Färbung des oftmals durch verschiedene Stoffe verschieden gefärbten Bindemittels. Bei den Sandsteinen unterscheidet man nach ihrer Lagerung viele Altersvarietäten, wie z. B. Tertiärsandstein, Kreide- oder Quadersandstein, Jurasandstein, Buntsandstein usw. Arkose nennt man ein sandsteinartiges, viel Feldspat und Glimmer enthaltendes Gebilde.

Tonschiefer. Dunkle Gesteine, makroskopisch dicht erscheinend, aus feinzerriebener Masse älterer Gesteine bestehend, wie die mikroskopische Analyse ergibt. Als akzessorischer Gemengteil kommt sehr häufig der Rutil darin vor. Ausgezeichnete Schieferstruktur. Große Menge von Varietäten, darunter Dach- und Tafelschiefer, Griffelschiefer, Wetzschiefer, Alaunschiefer usw. Unter Schieferton versteht man einen an Ton sehr reichen Tonschiefer. Bitumenreiche Tonschiefer nennt man Brandschiefer.

Kaolin. Zersetzungsprodukt feldspatführender Gesteine; mit diesen vergesellschaftet vorkommend. Wasserhaltiges Tonerdesilikat. Die von fremden Beimengungen freie Substanz nennt man auch Kaolinit. Der Kaolin (resp. Kaolinit) ist das Material zur Porzellanfabrikation.

Ton. Stark durch mancherlei Beimengungen verunreinigter Kaolin. Hierher gehört auch der Lehm und teilweise der Löß, in dem sich sehr viel kohlensaurer Kalk findet (siehe hier auch den fünften Abschnitt, äolische Gesteine).

Der Laterit, ein in den feuchten und niederschlagsreichen Gebieten der Tropen aus der Zersetzung von kristallinischen Gesteinen sich bildendes lehmiges, sehr eisenreiches und rotgefärbtes Gestein, ist bereits auf Seite 80 und 81 erwähnt worden.

Gerölle, Geschiebe und Sand sind Dinge, die sich von selbst erklären. Große Geschiebe, die dahin, wo sie vorkommen, durch Gletscher oder Eisberge gebracht worden sind, nennt man Findlingsblöcke oder erratische Blöcke.

Haloidgesteine. Das Steinsalz (Chlornatrium) in Verbindung anderer, verwandter Mineralien, als Chlormagnesium, Chlorkalium und Chlorkalzium, spielt eine beträchtliche geologische Rolle. Das Steinsalz findet sich in den meisten Sedimentärbildungen unserer Erde und entsteht noch heute. Es kommt gewöhnlich in der Form von unregelmäßigen stockförmigen Bildungen, seltener in regelmäßigen Schichten zwischen anderen sedimentären Gesteinen vor, in der Regel zwischen tonigen, sandigen oder kalkigen Felsarten, fast stets mit Gips und Anhydrit verbunden; auch scheint sein Vorkommen durchaus nicht auf bestimmte Bildungsperioden beschränkt zu sein. Es findet sich aber in jeder einzelnen Erdgegend gewöhnlich nur in bestimmten Ablagerungen, so im Gebiete der Karpathen bei Wieliczka-Szigeth usw. zwischen miozänen Sandsteinen, in Spanien (Cardona) und in Algerien wahrscheinlich zwischen Kreidebildungen, in Deutschland und im Alpengebiet hauptsächlich in der Trias und im Perm, im Rußland in Perm, in Nordamerika auch in silurischen Ablagerungen. Man kann die Anwesenheit von unterirdischen Steinsalzmassen aus gewissen Umständen an der Erdoberfläche vermuten, so aus salzhaltigen Quellen, aus der Anwesenheit von Salzpflanzen, aus dem Vorkommen von Gips und aus lokalen Bodensenkungen, sog. Erdfällen. Diese Erdfälle sind trichterförmige Bodensenkungen, meist dadurch entstanden, daß mächtige unterirdische Steinsalzablagerungen nach und nach ausgewaschen worden sind und die dadurch bewirkten Hohlräume zusammenbrachen. Das Zusammenstürzen derartiger, ehemals von Salz oder anderen Gesteinen ausgefüllten Hohlräume im Erdinnern kann Erderschütterungen zur Folge haben (Einsturzerdbeben), so der Einsturz der abgebauten Glocke im Krugschacht zu Königs-

hütte in Oberſchleſien, die Einſturzerdbeben auf der Inſel Meleda bei Raguſa in den Jahren 1822 bis 1826 uſf.

Mächtigkeit der Steinſalzlager. Die Steinſalzlager erreichen oftmals eine große Mächtigkeit, die manchmal mit ihrer horizontalen Verbreitung in gar keinem Verhältniſſe ſteht. So iſt das Steinſalzlager von Wieliczka über 100 m mächtig, dasjenige bei Staßfurt ſogar weit über 300 m.

Die Steinſalzlager unſerer Erde ſind in mehr oder weniger abgeſchloſſenen Meeresbuchten oder in großen Binnenſeen gebildet worden, und zwar durch die allmähliche Verdunſtung des Waſſers, wobei die in demſelben enthaltenen Salze dann nach der Reihenfolge ihrer Löslichkeit niedergeſchlagen werden mußten. Im Meerwaſſer ſind nun beſonders ſchwefelſaurer Kalk und ſchwefelſaure Magneſia ſowie Chlornatrium oder Kochſalz in gelöſtem Zuſtande vorhanden, daneben noch etliche andere Sulfate und Chloride, Karbonate, Phosphate uſw. Die Salzgemenge des Meerwaſſers beträgt nach Prozenten:

Kochſalz (Chlornatrium)	78,32 g
Chlormagneſium	9,44 „
Bitterſalz (Magneſiumſulfat)	6,40 „
Gips (Kalziumſulfat)	3,94 „
Chlorkalium	1,69 „
Verſchiedenes, als Brommagneſium, Kieſelerde, Kalziumbikarbonat, uſf. .	0,21 „
Zuſammen:	100,00 g

Der durchſchnittliche Salzgehalt des Meerwaſſers beläuft ſich auf 3,6 Prozent.

Wenn nun das Waſſer eines Meeresbeckens, worin ein ſolcher Verdunſtungsprozeß vor ſich ging, ſchwefelſauren Kalk enthielt, ſo mußte ſich dieſe Verbindung, weil ſie ſchwerer löslich iſt als das Steinſalz, vor dieſem letzteren ausſcheiden; dann erſt erfolgte der Abſatz des Chlornatriums. Daher kommt es, daß meiſt Gips oder Anhydrit das Liegende der

Steinſalzlager bilden. Hörte nach dem Niederſchlage des Steinſalzes dieſer Verdunſtungsprozeß auf und erhielt aus irgend welchem Grunde das Meeresbecken neue Zufuhr von Seewaſſer und erfolgte dann wiederum ein Abſchluß desſelben, ſo wiederholte ſich der eben geſchilderte Vorgang. So iſt es zu erklären, daß man an vielen Steinſalzlagerſtätten das Auftreten von Zwiſchenlagen von Gips und Anhydrit zwiſchen den Steinſalzſchichten beobachten kann. Es hängt von der Tiefe des betreffenden Meeresbeckens ab, ob der ſchwefelſaure Kalk ſich in waſſerfreiem Zuſtande, als Anhydrit, oder in waſſerhaltigem, als Gips, niederſchlägt. Um Anhydrit aus ſeiner Löſung ausſcheiden zu laſſen, bedarf es größerer Tiefe, etwa 107 m, gleich einem Druck von 10 Atmoſphären.

Abraumſalze nennt man gewiſſe Salze, wie Chlorkalium, Chlormagneſium, ſchwefelſaures Kali uſw., welche die Steinſalzlagerſtätten meiſt begleiten und über dem Steinſalz ſelbſt niedergeſchlagen worden ſind. (Siehe hier den Abſchnitt über die paläozogiſche Ära, permiſches Syſtem). Dieſelben ſind leichter löslich als das Steinſalz, weshalb dieſelben erſt nach Abſatz des Steinſalzes auskriſtalliſieren konnten.

Das Endziel aller geologiſchen Wirkungen des vadoſen Waſſers iſt demnach ein fortwährender Nivellierungsprozeß. Von den hervorragenden Regionen der feſten Erdkruſte werden andauernd Teile abgeſchwemmt und in den Vertiefungen wieder abgelagert.

Fünfter Abschnitt.

Die geologische Tätigkeit der Luftströmungen und die Entstehung der äolischen Gesteine.

Die geologische Tätigkeit der Winde ist eine sehr mannigfache. So wird oftmals lockeres vulkanisches Auswurfsmaterial bei vulkanischen Ausbrüchen von den Winden mit fortgeführt, und es entstehen dann Tuff- und Aschenablagerungen an von den Eruptionsstellen weit entfernten Orten, wie man genau nachweisen kann.

Eine andere Erscheinung, die durch die Winde hervorgebracht wird, ist die Bildung der Dünen (Flugsand), mächtiger Sandwälle an den Ufern des Meeres, die von dem durch die Winde landeinwärts fortgetragenen, am Meeresstrande lagernden Sande gebildet werden, und die immer mehr landeinwärts wandern, wenn sich denselben nicht für sie unüberwindliche Hindernisse, wie dichte Wälder, Höhenzüge usw., in den Weg stellen. Diese Dünenbildung wirkt oftmals verheerend; man kennt ganze Ortschaften, Wälder usw., die in historischer Zeit vom Flugsande verschüttet worden sind (Abb. 57). Ähnliche Erscheinungen wiederholen sich auch in den großen Sandwüsten im Innern Asiens und Afrikas. Auch hier wandert der Sand der Wüste immer noch vorwärts, früher kultivierte und bewohnte Gegenden verwüstend und mit Sandmassen bedeckend.

Eine äußerst interessante Erscheinung, deren Entstehung durch die Winde veranlaßt worden ist und noch wird, ist die Bildung eines zum Löß gehörigen Gesteinsmaterials in China, das daselbst von großer Mächtigkeit ist und große Flächenräume bedeckt. Der Staub wird von den Winden aus Zentralasien hinweggetragen und im Osten dieses Weltteils wieder abgesetzt, ein Vorgang, der in so großem Maßstabe erfolgen muß, daß durch die Masse dieses abgesetzten

Staubes große und tiefe Täler ausgefüllt worden sind. Die Aufschichtung dieser gewaltigen Staubmassen wird durch den Umstand, daß in jenen Gegenden nur sehr wenig Regengüsse stattfinden, dieselben von den atmosphärischen Niederschlägen also nur in sehr geringer Menge wieder fortgeführt werden, noch wesentlich befördert. Auch für gewisse deutsche Vorkommnisse von Löß nimmt man heutzutage eine äolische Entstehung an. (Siehe hier den Abschnitt über die känozoische Ära, das quartäre System.)

Abb. 57. Düne bei Wenningstedt auf der Insel Sylt.

In den Wüstenländern übt der mit feinen Sandteilchen beladene Wind eine wetzende und schleifende, dadurch aber im Laufe der Zeit zerstörende Einwirkung auf das Gestein aus, die Sandkorrasion, oder aber er führt die verwitterten und leicht vom Gestein loszutrennenden Teilchen der Felsarten mit sich fort und betätigt sich dadurch ebenfalls als zerstörender Faktor. Man bezeichnet diese letztere Tätigkeit der Luftströmungen als Deflation.

Einer korrodierenden Arbeit des mit Sandpartikelchen beladenen Windes, dem Sandschliff, ist auch die Entstehung der in den quartären Bildungen weit verbreiteten Kantengerölle (Dreikanter) zuzuschreiben.

Durch die Luftströmungen zusammengetragene Ablagerungen sind nach neueren Anschauungen auch gewisse mächtige Gesteinskomplexe des triassischen Systems (im Buntsandstein und Keuper der germanischen Trias). (Siehe den Abschnitt über die mesozoische Ära, triassisches System.)

Sechster Abschnitt.

Der Vulkanismus im weiteren Sinne: Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche, Gebirgsbildung und Erdbeben.

Zum Vulkanismus im weiteren Sinne gehören die Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche, die Gebirgsbildung und die Erdbeben.

Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche.

Große Komplexe unseres Erdballs haben im Verlaufe der geologischen Perioden bald Hebungen, bald Senkungen erlitten, da ja die Oberflächengestaltung unseres Planeten einem ständigen Wechsel unterworfen ist. Diese Wandlungen gehen zumeist langsam vor sich und haben bisweilen Äonen zu ihrer Vollendung gebraucht, wie die Erdgeschichte beweist.

Ähnliche Erscheinungen aus den jüngsten Entwicklungsphasen unserer Erde und aus der Gegenwart bezeugen die auf höheren Stellen des Landes vorhandenen Meeresablagerungen, die Strandlinien sowie die Terrassen, die folgendermaßen entstanden sind, resp. noch entstehen:

Wenn das Meer längere Zeit an Felsen brandet, so wäscht es auf denselben horizontale Furchen aus. Diese Erscheinungen, die heutzutage oftmals an gehobenen Orten des Landes zu beobachten sind, finden sich meist nicht parallel dem Meeresspiegel, sondern bisweilen ganz ungleichmäßigerweise, woraus man dann auf ungleichmäßige Hebung geschlossen hat. Strandlinien mit Geröllen kann man in Chile bis zu einer Höhe von 450 m, in Norwegen, in Neuseeland und noch an vielen anderen Punkten unserer Erde beobachten. Ein und dasselbe Land zeigt vielmals an verschiedenen Stellen Hebungs- und Senkungserscheinungen.

Derartige Hebungs- und Senkungsphänomene werden als *säkulare* bezeichnet, im Gegensatz zu den *instantanen*, die vielleicht gar nicht im großen vorkommen. Dieselben stehen meist in sehr innigem Zusammenhang mit vulkanischen Eruptionen oder mit Erdbeben, gehören also zum Vulkanismus im engeren Sinne.

Die Frage, ob alle Senkungen und Hebungen unserer Erdoberfläche auf den Vulkanismus im engeren und weiteren Sinne zurückzuführen seien oder nicht, ist zurzeit wieder brennend geworden, indem eine schon früher einmal aufgetauchte Anschauung in den Vordergrund getreten ist, nach der nicht eine Unbeständigkeit der Lithosphäre selbst, sondern ein Schwanken des Meeresspiegels die Ursache dieser Veränderungen in der Oberflächengestaltung der Erde wäre. Eine neuere Ansicht zur Erklärung dieser Erscheinungen gipfelt darin, daß die Erdfeste unter den ozeanischen Depressionen dichter ist als unter den kontinentalen Erhebungen, wie die Schweremessungen bewiesen haben. Die schwereren und die leichteren Schollen haben nun das Bestreben, sich auf der magmatischen Unterlage das Gleichgewicht zu halten. Da aber die kontinentalen, also die leichteren Schollen beständig eine Abtragung ihrer Masse, die ozeanischen hingegen eine dauernde Zunahme erfahren, so werden die ersteren emporgetrieben, und die letzteren sinken ein. Man bezeichnet diese von den amerikanischen Geologen ausgebaute Lehre als *Isostasie*.

Die Gebirgsbildung.

Der Grund und die Ursachen der Gebirgsbildung sind in der Abkühlung des Erdinnern zu suchen, und in dem Bestreben der festen Erdrinde, sich dem infolge seiner Abkühlung sich verkleinernden und sich zusammenziehenden Erdkern anzupassen. Daß diese Vorgänge ein Zerreißen und eine Zusammenstauchung und Faltung der Erdkruste zur Folge haben müssen, das wurde bereits früher (Dritter Abschnitt, Die Ursachen des Vulkanismus, S. 72) betont. Wenn nun die eine Scholle gegenüber ihren benachbarten ihr Niveau verändert, also z. B. hinabsinkt, so entsteht ein Bruch. Diejenigen Schollen, die das ursprüngliche Niveau beibehalten haben, ragen nun über die abgesunkene Scholle empor, und längs der Bruchlinie entsteht dann ein Bruchgebirge.

Die Bruchgebirge können entweder nur an der einen Seite der im Niveau gebliebenen Scholle zum Ausdruck kommen, und zwar als einseitiges Bruchgebirge, oder auch beiderseitig an derselben, indem auch auf der andern Seite der stehengebliebenen Scholle ein Bruch erfolgt. Im letzteren Falle nennt man die im ursprünglichen Niveau befindliche Scholle einen Horst und das Gebirge ein Horstgebirge. Sinkt zwischen zwei Horsten wiederum eine Scholle in die Tiefe, so entsteht eine Grabenversenkung. Ein schönes Beispiel hierfür ist das obere Rheintal; hier stellen Schwarzwald und Vogesen die Horste dar und das Rheintal die Grabenversenkung. Auf der westlichen Abdachung der Vogesen und auf der östlichen des Schwarzwaldes verlaufen eine Reihe treppenförmig angeordneter Brüche, sogenannte Staffelbrüche (treppenförmige Verwerfungen, Abb. 55a, Seite 103). Neben den Bruchgebirgen kennt man noch die Falten- oder Kettengebirge. Ein gutes Beispiel dafür ist das Juragebirge. Dasselbe ist etwa 320 km lang und besteht aus einer Reihe von etwa zehn bis zwölf Ketten, die parallel nebeneinander herlaufen und aus einer

größeren Anzahl Falten, etwa 160, zusammengesetzt sind. Das Profil durch den westlichen Jura (Abb. 58) wird das besser als Worte erläutern. Die Alpen (Abb. 59) stellen ein komplizierter gebautes Kettengebirge dar, bei dessen Bildung die faltende Kraft intensiver gewirkt haben muß als wie z. B. bei der Bildung des Juragebirges, wie aus dem Umstande hervorgeht, daß die Faltenbildung im Alpengebirge eine viel größere ist und auch zugleich viel tiefer liegende Schichten, die sogenannten kristallinischen Schiefer, mit in Betracht gezogen worden sind, was im Juragebirge nicht der Fall ist.

Abb. 58. Faltengebirge. Profil durch den westlichen Jura. Nach Choffat und Heim.
a Trias; b Jura; c Kreide.

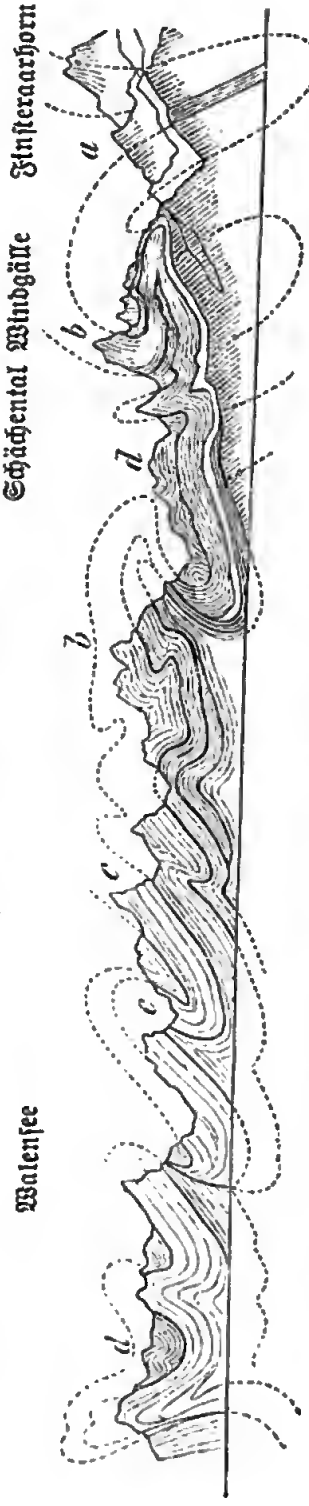


Abb. 59. Faltengebirge. Profil durch den Nordabfall der Zentralalpen. Nach Heim.
a Gneis, kristallinische Schiefer usw.; b Jura; c Kreide; d Tozän.

Der Bau der Faltengebirge ist nicht immer ein regelmäßiger; wir finden meist, daß derselbe insofern ein einseitiger ist, als die Falten nach der Seite hin, von der die stauende

Kraft kam, stets höher und steiler zu sein pflegen und sich nach der andern Seite hin allmählich verflachen, wobei sehr oft Sprünge und Verwerfungen im Gebirge, und zwar meist senkrecht zu der Streichrichtung der Falten, entstehen. Doch auch Verwerfungen parallel der Streichrichtung des Gebirges sind nicht selten. Bezüglich der Erläuterung der technischen Ausdrücke muß hier auf den Abschnitt über die Lagerungsformen der Gesteine verwiesen werden. Es kommt sehr häufig vor, daß, wenn solche Falten bei ihrer Bildung auf ältere, Widerstand leistende Gebirgsmassen treffen, sie an denselben gestaut werden und zum Ausweichen genötigt sind, wie z. B. die eine nordöstliche Streichrichtung besitzenden Falten des Juragebirges sich an den Horsten des Schwarzwaldes und der Vogesen gestaut haben, denselben haben ausweichen müssen, von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt worden sind und eine westöstliche Richtung annahmen.

Bei diesem horizontalen und eben geschilderten Zusammenschube, der die Bildung von Gebirgen zur Folge hat, werden selbstverständlich, wie schon oben angedeutet wurde, an den Stellen der größten Spannung Spalten und Klüfte entstehen, mit denen allerlei vulkanische und andere Erscheinungen in Verbindung stehen können, so z. B. Erdbeben, Austritt vulkanischer Gesteinsmassen, Bildung von Erzgängen usw. Es liegt auf der Hand, daß die eigentliche Gestaltung der Gebirge, so wie sie uns heutzutage vorliegt, nicht allein der gebirgsbildenden Kraft, sondern auch der erodierenden Tätigkeit des Wassers (siehe den Abschnitt über die mechanische Tätigkeit des Wassers) zuzuschreiben ist.

Die Alpenüberfaltung. Die Faltung der Gebirgsmassen ist eine von gewaltigen Schichtenverschiebungen begleitete Erscheinung gewesen, und die neuesten Untersuchungen über diese Vorgänge, eines der gegenwärtig am meisten im Vordergrund stehenden Probleme der Geologie, haben gezeigt, daß diese in viel intensiverem und großartigerem Maßstabe erfolgt sind, als man früher nur zu ahnen wagte. Ganze Gebirgsteile sind bei der Faltung übereinandergeschoben, von

ihren Fundamenten, den „Wurzeln“, losgerissen und viele Kilometer weit über andere gefaltete Partien fortgeschleppt worden, so daß sie heutzutage wurzellose Faltenzüge (nappes de recouvrement der französischen Geologen) darstellen. So sind beispielsweise die savoyischen Alpen am Südufer des Genfer Sees, die Berge des Chablais und die Gebirgsteile der schweizerischen (und vielfach wohl auch der deutsch-österreichischen) Voralpen solche wurzellose Faltenzüge, übergefaltete Schubmassen, das Säntisgebirge in der Nordschweiz ebenso, usf. Die Lehre, die auf Grund dieser Tatsachen bezüglich der Bildung des Alpengebirges aufgestellt worden ist, führt den Namen der Alpenüberfaltung.

Unter Massivs (auch Rumpfgebirge) verstehen wir ältere Faltengebirge, bei denen die Denudation und Verwitterung schon so weit fortgeschritten ist, daß die älteren Teile des Gebirges und die diese durchsetzenden Eruptivgesteine bloßgelegt worden sind. Die über der Erdoberfläche befindlichen Teile der Falten sind wegrasiert worden, teils durch die Verwitterung und die Denudation, teils durch die Brandungswogen während der Niveauveränderungen, denen diese Faltenteile ausgesetzt waren. Dadurch wurden oft förmliche Plateauflächen geschaffen, wie z. B. die böhmische Hochebene und das rheinische Schiefergebirge.

Die Möglichkeit der Faltung von Gesteinsschichten hat Heim dadurch zu erklären versucht, daß Gesteine unter hohem Drucke, der ja bei solchem horizontalen Zusammenschube selbstverständlich vorhanden sein muß, gewissermaßen wieder plastisch werden, eine Eigenschaft, die die den Gesteinen so lange innewohnt, als ein allseitig gleichmäßiger Druck auf ihre Teilchen wirkt. Nach den Meinungen anderer Forscher ist die Annahme einer solchen latenten Plastizität der Gesteine durchaus nicht nötig, um die Möglichkeit der Faltenbildung bei dem so spröden Gesteinsmaterial zu erklären. Es genügt nach denselben, dabei eine Umformung der Gesteine durch Bruch anzunehmen,

eine fortgesetzte innere Zertrümmerung der Gesteine, eine gegenseitige Verschiebung ihrer kleinsten Teile und eine Wiederverkittung derselben. Auch der sogen. Regionalmetamorphismus (siehe den folgenden Abschnitt über die kristallinischen Schiefer) ist wohl eine durch die gebirgsbildende Kraft hervorgebrachte Erscheinung, wie zum Teil durch Experimente nachgewiesen worden ist.

Der Vorgang der Gebirgsbildung hat zu wiederholten Malen die Erdfeste erschüttert. So fand in den Anfängen der paläozoischen Ära in den arktischen Gebieten der huronische Zusammenschub statt, dessen Überreste man in Kanada, am Huron-See usf. noch nachweisen kann, dem am Ende der Silurzeit weiter südlich die kaledonische Gebirgserhebung folgte (Schottland, das alte Kaledonien, daher auch die Bezeichnung, Norwegen usf.). Die Gebirgsketten, die diese ins Dasein rief, sind nunmehr im nördlichen Atlantik versunken. Gegen den Schluß der karbonischen (Steinkohlen-) Periode erlitt die Erde in unseren Breiten die herzynische Gebirgsfaltung, die im Zentrum des jetzigen Europas ein gewaltiges Hochgebirge, die variszischen Alpen aufgetürmt hat, das an Ausdehnung und wohl auch an Gipfelhöhe den Alpen bedeutend überlegen war und gleich diesen einen nach Norden hin konvexen, nach Süden hin offenen Bogen bildete. Der Name dieses Gebirges stammt von der Umgebung von Hof in Bayern, wo etwa sein Mittelpunkt lag, und die im Altertum von der germanischen Völkerschaft der Variscer bewohnt war. Die Fundamente der variszischen Alpen lassen sich von der Bretagne über die Ardennen, Vogesen, den Schwarzwald, Harz usf. bis nach Schlesien und Böhmen hinein verfolgen, dann weiter bis nach Odessa einerseits und andererseits dem Ural entlang bis zum arktischen Ozean.

Von allen diesen ausgedehnten und hohen Gebirgszügen aus der paläozoischen Ära besteht in der Gegenwart mit Ausnahme ihrer eben erwähnten Fundamente nicht viel mehr. Aber gleichwie der Archäologe aus den Grundmauern und

Säulenstümpfen eines verfallenen Tempels den genauen Plan und die ehemalige Pracht eines solchen Bauwerkes zu rekonstruieren vermag, so ist die geologische Wissenschaft imstande, aus den Postamenten dieser alten Gebirge aus grauer Vorzeit der Erde ziemlich genaue Schlüsse auf deren Ausdehnung und Größe zu ziehen. Noch spätere geologische Perioden haben dann die Aufrichtung der bätischen Kordillere, der Pyrenäen, Anden und des Felsengebirges Nordamerikas gesehen, denen dann als noch jüngere Geschwister die Alpen, der Jura, die Karpathen, die Balkanberge, der Apennin, der Atlas, der Kaukasus, die Gebirge Persiens, der Hindukusch und der Himalaja gefolgt sind. Es ist die Periode der alpin-himalajischen Gebirgsfaltung. Alle während dieser der Tertiärzeit zugehörigen Phase der Erdgeschichte aufgefalteten hohen Gebirgszüge Europas, Nordafrikas und Asiens gehören also dieser jüngsten Gebirgsbildung an; sie sind eben wegen ihres relativ jungen geologischen Alters noch ziemlich frisch erhalten, und die erodierenden und abradierenden Einwirkungen des Wassers konnten sie in dem seit ihrer Entstehung verflossenen kurzen Zeitraume nicht so sehr benagen und abtragen wie die älteren Gebirgserhebungen.

Auf der nördlichen Erdhalbkugel hat sich also der Vorgang der Gebirgsbildung im Verlaufe der Äonen immer mehr von dem Pol nach dem Äquator hin verschoben. Über den Hergang des gebirgsbildenden Zusammenschubs der Erdfeste auf der südlichen Hemisphäre ist man zur Zeit noch weniger genau unterrichtet als über die diesbezüglichen Verhältnisse auf der nördlichen, doch sind sehr viele Anzeichen dafür vorhanden, daß auch auf der ersteren dieselbe Regel Geltung hatte wie auf der letzteren.

Die Entstehung der Kontinente, d. h. die Gestaltung der Massen des Festlandes, fällt vor die Zeit, in der die Gebirge entstanden sind. Durch die Tendenz der festen Erdrinde, sich ihrem Kerne anzuschmiegen, sank, wie wir schon früher sahen, dieselbe stellenweise ein, und in den dadurch entstandenen Vertiefungen sammelte sich das Wasser an; es entstanden die

Meeresbecken. Zwischen diesen sinkenden Stücken der Erdkruste wurden andere in die Höhe gepreßt, die Kontinente, die im Durchschnitte flache Gewölbe darstellen. Die Kontinente zeigen nun ebenfalls die Neigung nachzusinken, erleiden daher eine starke Pressung und werden an ihren schwächsten Punkten, und diese sind eben die durch die Brüche schon geschwächten Ränder, am ersten nachgeben, daher an denselben eine Stauung erleiden, die zur Bildung von Faltengebirgen führt. Daher kommt es, daß solche Faltengebirge meist längs der Kontinentalränder verlaufen, daß auch die meisten Vulkane in der Nachbarschaft der Meere und an den Rändern der Kontinente sich finden; auf den infolge der Bruchlinien entstandenen Spalten konnten solche sich bilden. Auch die Erdbeben treten an den Kontinentalrändern häufiger auf als an anderen Orten.

Erdbeben

sind mehr oder minder heftige Erschütterungen des Erdbodens, deren Ursache in der Tiefe, unterhalb der Erdoberfläche, sich befindet. Die Erschütterungen sind mehr oder minder stark, oftmals von großen Verwüstungen begleitet.

Verschiedene Arten der Erschütterungen.

Man unterscheidet dreierlei Arten von Bewegung bei den Erdbeben:

1. die stoßförmigen Bewegungen, Stöße von unten nach oben, oftmals von starken Zerstörungen begleitet, auch sukkussorische Bewegung genannt;

2. die wellenförmige oder undulatorische Bewegung, Auf- und Abgehen des Bodens;

3. die wirbelförmige oder rotatorische Bewegung, eine kreis- oder wirbelförmige Bewegung des Erdbodens. Diese dritte Art von Bewegung wird nur selten beobachtet und geht wohl nur aus dem Zusammentreffen mehrerer stark wellenförmiger Bewegungen hervor.

Die Wirkungen der Erdbeben sind zuweilen ganz entsetzliche. Während die meisten Erdbeben kaum von verderblichen Wirkungen begleitet sind, gibt es wiederum solche, die ganze Landstriche zugrunde gerichtet, ganze Städte zerstört und Tausende von Menschen getötet haben, wie z. B. das Erdbeben von Lissabon 1755, viele Erdbeben an der Westküste Südamerikas, das Erdbeben von San Francisco im Frühjahr 1906, usf.

Die direkte Wirkung der Erdbeben äußert sich in der Entstehung von Spalten, in einem wiederholten Öffnen und Schließen derselben, in dem plötzlichen Auftreten von tiefen, kreisrunden Löchern, in der Hebung und Senkung beschränkter Gebiete, in der Erregung starker Wasserwellen usw. Letztere entstehen durch gleichzeitige Erschütterung des Meeresgrundes. Die Erdbeben werden oftmals von verschiedenen Nebenumständen begleitet: Donner, Schlammausbrüche, Wasserergüsse, Dampfströme, Versiegen oder Stärkerfließen von Quellen usw.

Die Dauer der einzelnen Bewegungen bei einem Erdbeben ist nur eine sehr kurze, doch ist die Zahl der Wiederholungen derselben oftmals eine außerordentlich große. In manchen Fällen finden im Laufe von wenigen Minuten nur einige kurze, dann aber desto verderbenbringendere Stöße statt, während in anderen Fällen wiederum das Erdbeben wochen- und monatelang, ja sogar viele Jahre hindurch anhalten kann.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen hängt von der Stärke des Stoßes und von der Beschaffenheit des Erdbodens ab, und zwar von der Gesteinsbeschaffenheit und von der Beschaffenheit des Niveaus. Die Geschwindigkeit im nassen Sande ist z. B. eine geringere als im Granit. Oftmals sind Gebirge ein Hindernis für die Fortpflanzung eines Erdbebens, während es dagegen Flüsse und Meeresteile durchschreitet. Die durchschnittliche Geschwindigkeit der Erdbebenwelle beträgt etwa 5200 m in der Sekunde, im Meere etwa 150 bis 200 m in

der gleichen Zeiteinheit. Das oberflächliche Ausgangsgebiet der Erdstöße bezeichnet man als Epizentrum.

Die Tiefe, in der die das Erdbeben veranlassende Bewegung stattfindet, der Erdbebenherd oder das Hypozentrum, läßt sich aus der Zeit, in der diese Bewegung an einzelnen, verschieden gelegenen Orten wahrgenommen wird, und aus der Stoßrichtung in der Nähe des Zentralpunktes, des Epizentrums, bestimmen. Sie beträgt etwa 6000 bis 60000 m.

Die Stärke der Zerstörung wird selbstverständlich auch von der Beschaffenheit des Untergrundes und von der Richtung, in welcher der Stoß trifft, abhängen. Am heftigsten ist die Zerstörung da, wo lockerer Boden auf festem Untergrunde aufliegt, am schwächsten da, wo die Erdoberfläche von dicken Schichten solchen lockeren Bodens bedeckt wird (norddeutsches Diluvium) oder wo dieselbe aus sehr festen kristallinischen Gesteinen besteht (Norwegen).

Man kann die Erdbeben in drei Kategorien einteilen, und zwar:

1. in die sogenannten Einsturzerdbeben, die durch das Einstürzen von Hohlräumen im Innern der Erde bewirkt werden und nicht als mit dem Vulkanismus in Verbindung stehende Erscheinungen aufzufassen sind, sondern auf durch das Wasser bewirkte Auslaugungsvorgänge zurückgeführt werden müssen (siehe hier das über die Erdfälle uff. Gesagte im 4. Abschnitt, Seite 109). Sodann

2. in die vulkanischen Erdbeben, die das Resultat der vulkanischen Kraftäußerung im engeren Sinne sind.

Dieselben werden hervorgerufen durch die im überhitzten magmatischen Erdinnern gefesselten und einen Ausweg suchenden Liquida (Hörnes). Die Erfahrung zeigt, daß heftigere vulkanische Ausbrüche stets durch solche Erderschütterungen eingeleitet werden und daß dieselben während der Eruption andauern und dann erst allmählich abnehmen, wenn diese letztere mit dem Ausfließen der Laven ihren Höhepunkt er-

reicht hat, aber auch dann nicht immer aufhören, sondern selbst nach dem Ende des Ausbruches noch bemerkbar sind. So wurden z. B. verschiedene Eruptionen des Vesuvs durch heftige Erderschütterungen angekündigt, und ähnliche Erscheinungen kennt man auch vielfach aus den andere Vulkane umgebenden Gebieten. Auch die Erdbeben, die zu Anfang des neunten Jahrzehnts im verflossenen Jahrhundert die Insel Ischia in so verheerender Weise heimgesucht haben, sind zu den vulkanischen Erdbeben zu stellen (siehe hier das Seite 30, 3. Abschnitt, Gesagte).

3. Die dritte Abteilung von Erdbeben bezeichnet man als Dislokationserdbeben. Dieselben müssen als die Folgen der Auslösungen von Spannungserscheinungen aufgefaßt werden, die durch die Erkaltung und Zusammenziehung der Erdfeste entstanden sind; sie sind also mit anderen Worten unmittelbare Folgewirkungen von Bewegungen, die in der schon mehr oder weniger starren Rinde unseres Planeten stattfinden. Man unterscheidet hier folgende Dinge:

a) Diejenigen Dislokationserdbeben, die aus tangentialen Spannungen resultieren. Diese auf quer zum Streichen der Falten verlaufenden Dislokationslinien (Stoß- oder Schütterlinien) vorkommenden Erdbeben nennt man transversale Erdbeben oder Blattbeben, nach einem Ausdruck von Sueß, der solche Verschiebungsflächen nach einem dem Bergbau der Alpen entlehnten Ausdruck mit dem Namen Blätter belegt hat (Erdbeben von Belluno 1873). Eine andere Art von Bruchlinien läuft dagegen parallel mit den Gebirgsfalten, parallel diesen bilden sich also Bruchflächen, auf denen Überschiebungen stattfinden, die sog. Wechsel oder Schlächten. Erdbeben, die auf solchen Schütterlinien erzeugt werden, führen die Bezeichnung longitudinale Wechselerdbeben (auch Vorschuberdbeben). Ihre Achsen liegen in der Streichrichtung des Gebirges (Erdbeben von Klana, österreichisches Küstenland, 27. Februar bis 8. Juli 1870).

b) Erderschütterungen, die das Produkt vertikaler Bewegungserscheinungen in unserer Erdrinde (Senkung) sind. Bei Erdbewegungen dieser Art ist es schwer festzustellen, wo die Grenze zwischen den obenerwähnten vulkanischen Erdbeben und den Dislokationserdbeben liegt.

Als Relaisbeben faßt man diejenigen Erdbebenphänomene zusammen, die hervorgebracht werden, wenn in einem Gebiet eine Erderschütterung stattfindet und alsdann in benachbarten, aber außerhalb dieses Hauptgebietes liegenden Arealen durch Auslösung hier vorhandener Spannungen weitere Erdbeben veranlaßt. Die Relaisbeben sind also gewissermaßen unselbständige Erdbeben. Ein Beispiel hierfür ist das Erdbeben von Villach (4. Dezember 1890), das sich nach der Mürzlinie fortpflanzte und den Stephansturm in Wien beschädigte.

Seebeben sind Erschütterungen stoßartiger Natur auf offener See, wohl die Folge ähnlicher Bewegungen des Meeresgrundes wie diejenigen, die auf den Kontinenten die Erdbeben verursachen.

Man hat die Erklärung für die Entstehung der Erdbeben ferner in außerirdischen Ursachen gesucht und angenommen, das feurig-flüssige Erdinnere sei, ähnlich wie das Meereswasser, einer durch die Anziehung des Mondes bewirkten Ebbe und Flut unterworfen. Bei dieser Erklärungsweise hat man sich auf die Verteilung der Erdbeben der Zeit nach gestützt.

Die wissenschaftliche Erforschung der Erdbeben in der Gegenwart beruht auf Beobachtungen mittelst sehr fein registrierender, Seismometer genannter Instrumente, bei deren Aufstellung wegen ihrer großen Empfindlichkeit die größtmögliche Sorgfalt obwalten muß. Mit Hilfe des Seismometers ist man imstande, auf den verschiedenen Erdbebenstationen, welche die allermeisten Kulturvölker der Erde eingerichtet haben (für Deutschland besteht zu Straßburg i. E. die kaiserl. Hauptstation für Erdbebenforschung

neben vielen anderen da und dort im Reiche), Erdbeben, deren Schüttergebiet viele tausend Kilometer vom Beobachtungspunkte entfernt liegt, nachzuweisen. So konnte beispielsweise der Straßburger Seismometer am 15. August 1897 ein in Taschkent erfolgtes Beben nachweisen und am 16. Januar 1887 ein solches in Japan; am 10. Januar desselben Jahres meldeten diese Instrumente in Catania, auf Ischia, in Rom, in Straßburg, Potsdam, Dorpat usf. ein solches, deren Epizentrum auf der Insel Kischm im Persischen Meerbusen lag.

Die allmähliche Abnahme der vulkanischen Tätigkeit auf Erden, sowohl im engeren als auch im weiteren Sinne, ist zuweilen behauptet worden. Vergleicht man die gewaltigen magmatischen Ergüsse der Vorwelt mit den stärksten Lavamassen unserer Periode in der Erdgeschichte, so muß man zum Schlusse gelangen, daß diese doch nur einen schwachen und geringfügigen Nachhall der ersteren darstellen können. Auch die Anzahl der Vulkane dürfte im Verlaufe der Zeiten eine geringere geworden sein. Der Vulkanologe Fuchs hat 325 tätige Vulkane auf Erden gezählt, den Forschungen der Neuzeit entsprechend eine entschieden viel zu niedrig gegriffene Zahl. Aber diese, selbst verdoppelt oder verdrei- und vervierfacht würde noch unbedeutend erscheinen gegenüber der gewaltigen Reihe der Feuerberge aus früheren geologischen Perioden, von denen ganz abgesehen, die längst den zerstörenden Einwirkungen der abtragenden Agentien zum Opfer gefallen, und deren Spuren kaum mehr nachweisbar sind. Mit unseren Anschauungen von Werden und der Weiterentwickelung der Erde läßt sich die Annahme, die Intensität der vulkanischen Tätigkeit habe im Verlaufe ihrer Geschichte immer mehr nachgelassen, nicht nur vereinbaren, sondern sie muß sogar als ein Korrelat daraus erscheinen.

Und nicht nur aus dem Maße der direkten vulkanischen Kraftäußerungen in der Gegenwart gegenüber denjenigen früherer geologischer Perioden dürfte das hervorgehen. Auch

die vulkanischen Erscheinungen im weiteren Sinne sprechen dafür. Die Geschichte weiß nichts von der Entstehung neuer Gebirgszüge zu melden, und beinahe noch in höherem Maße als die vulkanische Kraft im engeren scheint diejenige im weiteren Sinne im Schwinden begriffen zu sein.

Siebenter Abschnitt.

Die kristallinischen Schiefer.

Die Entstehung der kristallinischen Schiefer.

Die Gesteine, die wir schon kurz im zweiten Abschnitt als *kristallinische Schiefer* kennen gelernt haben, können in ihrem gegenwärtigen Zustand nicht durch Absatz aus Wasser entstanden sein. In ihrer mineralischen Zusammensetzung zeigen dieselben zum Teil die größten Analogien mit den Eruptivgesteinen, aber dieselben treten nicht massig auf wie die letztgenannten Gesteine, sondern zeigen Bankung und auch echte Schichtung. Nicht nur die eigentlichen kristallinischen Schiefer, als die im folgenden zu besprechenden Gneise, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer, Hornblendeschiefer usf., gehören zu diesen auch als *metamorphische Gesteine* bezeichneten geologischen Körpern, sondern überhaupt die Gesteine der *archäischen Ära* (Elfter Abschnitt), also viele Kalksteine, Dolomite usw. Man nimmt an, daß diese letzteren Gesteine größtenteils durch Umwandlung aus Sedimentärgesteinen entstanden sind. Für diese Umwandlung hat man den Namen *Regionalmetamorphismus* gebraucht. Dieser Regionalmetamorphismus kann auf verschiedene Weise vor sich gegangen sein, und man hat allerlei Hypothesen darüber aufgestellt, deren wichtigste wohl die folgenden sind:

Digitized by Google

1. Der plutonische Regionalmetamorphismus. Die Umwandlung soll infolge einer langsamen und andauernden Erhitzung der betreffenden Gesteinsschichten durch die innere Erdwärme vor sich gegangen und ferner noch durch den Druck der überlagernden Schichtenkomplexe auf die darunterliegenden wesentlich befördert worden sein, wodurch diese zu unterst liegenden Schichten förmlich umgeschmolzen, die darüber lagernden jedoch umkristallisiert und in ihren Strukturverhältnissen verändert worden sein sollen. Auch die Tätigkeit des Wassers wird zur Erklärung dieser Hypothese in Anspruch genommen. Die Umwandlung der Gesteine entstand also durch den Druck und den Luftabschluß infolge der darüberliegenden Gesteine, durch erhöhte Temperatur und durch Wasser, das unter hohem Druck auch bei sehr hoher Temperatur darin bleiben und wirken konnte. Diese hohe Temperatur kann ferner noch durch Senkungen, in einzelnen Fällen auch durch Injektionen aufsteigender Eruptivgesteine, heiße Gase und Dämpfe erhöht worden sein. Es unterliegt nach den neuesten Erfahrungen und Beobachtungen keinem Zweifel, daß gewisse Gneise durch Druck schiefrig gewordene Eruptivgesteine sind (Orthogneise). So sind nach Lehmann Granite im Fichtelgebirge und im Sächsischen Mittelgebirge zu gneisartigen Gesteinen, nach Schmid an der Windgälle in den Urner Alpen Porphyre zu serizitartigen Gneisen umgewandelt worden, Diabase zu Grünschiefern und Strahlsteinschiefern, wie uns gewisse Vorkommnisse, die Liebe, Lossen, Milch u. a. m. aus Thüringen, dem Taunus usw. beschrieben haben, beweisen.

2. Eine zweite Theorie hat den Namen des hydrochemischen Regionalmetamorphismus erhalten; ihr Hauptverfechter ist der berühmte Chemiker und Geologe Bischof gewesen. Nach diesem Gelehrten bedarf es kaum aller der erwähnten, aus Anlaß der Besprechung des plutonischen Regionalmetamorphismus angeführten Umstände, und die Ursache dieser Gesteinsumwandlung ist einzig und allein

in einer langandauernden chemischen Tätigkeit des Wassers zu suchen, die nach und nach die Stoffumwechslung und die Umkristallisierung bei den in Frage kommenden Gesteinen hervorgebracht hat. Hoher Druck, verursacht durch die darüber lastenden Schichten, und höhere Temperatur werden zur Erklärung auch dieser Hypothese als notwendig angenommen, ferner enorme geologische Zeiträume.

3. Eine weitere Erklärungsweise für die Entstehung der metamorphischen Gesteine ist schließlich die, daß die betreffenden Gesteine überhaupt keine Umwandlung durchgemacht haben, sondern sich vielmehr noch im ursprünglichen Zustande befinden, in dem sie bei ihrer Entstehung waren. Diese Ansicht basiert auf der großen Übereinstimmung des petrographischen Charakters der archäischen Formation, wo dieselbe auf unserer Erde auch entwickelt ist, sodann auf der gleichmäßigen Wechsellagerung ihrer Gesteine, was bei einem so sehr ausgedehnten und mächtigen Schichtenkomplexe nicht möglich sein könnte, wenn derselbe das Produkt eines Durchwässerungsprozesses, wie des soeben geschilderten, wäre. Die Abgrenzung der im Habitus oft völlig voneinander verschiedenen Gesteine gegeneinander könnte in diesem Falle keine so scharfe sein, usw.

Welche dieser Hypothesen die richtige ist, muß dahingestellt bleiben. Es ist aber jedenfalls gewiß, daß vom Gneise an bis zum petrefaktenführenden Tonschiefer vermittelst der Glimmerschiefer und Phyllite die verschiedensten Übergänge vorhanden sind, daß man ferner echte Glimmerschiefer kennt, die Petrefakten führen und als umgewandelte Gesteine silurischen Alters anzusehen sind, daß ferner durch die gebirgsbildende Kraft, durch den Dynamometamorphismus, also z. B. durch Faltenbildung, regionalmetamorphische Erscheinungen hervorgerufen werden, indem ursprünglich nichtkristallinische Massen durch hohen Druck, dem sie ausgesetzt waren, mehr oder weniger kristallinisch geworden sind. So hat man in den Zentralalpen (Berner Hochland) sedimentäre Kalksteine nachgewiesen, die durch hohen Druck, Eingekeilt-

werden zwischen Gneisschichten in einen dem körnigen Kalk ähnlichen kristallinischen Zustand übergeführt worden sind (tektonischer Regionalmetamorphismus). Übrigens haben auch Experimente ergeben, daß man aus nichtkristallinischen Massen, etwa Pulver oder Feilspänen von Metallen, durch Anwendung von hohem Druck (bis 6000 Atmosphären) kristallinische feste Massen herstellen kann.

Einteilung der eigentlichen kristallinischen Schiefergesteine.

Gneis. Die schiefrige Ausbildung der Gesteine vom granitischen Typus. Auch hier unterscheidet man alle die Varietäten, die beim Granit unterschieden werden: Biotitgneis, Hornblendegneis, Protogingneis usw. Aus Eruptivgesteinen entstandene Gneise werden auch als Orthogneise, aus Sedimentärbildungen entstandene als Paraneise bezeichnet.

Granulit ist ein weißliches, schiefriges Gestein, das aus Orthoklas, Quarz und Granat in feinkörnigem Gemenge besteht, wahrscheinlich eruptiver Entstehung.

Hälleflinta, ein Gneis mit sehr feinem Korne, in abwechselnden Lagen verschiedene graue, gelbliche, bräunliche und grüne Farbentöne zeigend. Zeigt Übergänge in den eigentlichen Gneis.

Glimmerschiefer, schiefriges Gestein aus Quarz und aus Glimmer bestehend, und zwar in sehr abwechselndem Verhältnis. Beim echten Glimmerschiefer ist der Glimmer bedeutend im Übergewicht. Ist dagegen mehr Quarz vorhanden, so spricht man von Quarzitschiefer. Varietäten in großer Menge, darunter Paragonitschiefer, Glimmerschiefer mit Natronglimmer, Serizitglimmerschiefer, solcher mit Serizit und Chlorit, Kalkglimmerschiefer, solcher mit Kalk in linsenförmigen Lagen usw.

Phyllit oder Tonglimmerschiefer oder Urtonschiefer nennt man Gesteine von dunkler Farbe, mit sehr deutlicher Schieferstruktur und aus Feldspat, Quarz, Glimmer

und Chlorit, daneben noch aus anderen Mineralien bestehend. Die mineralische Zusammensetzung ist nur unter dem Mikroskope zu erkennen. Dahin gehören die Chiastolithschiefer mit Chiastolith, die Staurolithschiefer mit Staurolith, die Ottrelithschiefer mit Ottrelith, die sogen. Fruchtschiefer, Garbenschiefer, Knotenschiefer, Fleckschiefer usw. Auch der Serizitschiefer, nicht zu verwechseln mit dem Serizitglimmerschiefer, gehört hierher.

Achter Abschnitt.

Die Erzlagerstätten.

Unter Erzlagerstätten versteht man lokale Anhäufungen von Erzen, d. h. von solchen Mineralien, aus denen man Metalle gewinnen kann.

Form ihres Auftretens. Die Erzlagerstätten treten zuweilen in der Gestalt von Sedimentärgesteinen (Seite 106), besonders aber auf als Gänge; man findet sie auch als Lager, Stöcke und Imprägnationen und unterscheidet daher Erzgänge, Erzlager, Erzstöcke und Erzimprägnationen. Unter Imprägnationen sind lokale Vorkommen von besonderen Mineralien zu verstehen, z. B. von Erzen innerhalb gewisser Gesteine ohne scharfe Umgrenzung. Selbständige Imprägnationen treten für sich allein, ohne Verbindung mit besonderen Lagerstätten auf, unselbständige Imprägnationen sind an ihren Grenzen von Lagern, Gängen oder Stöcken begleitet. Der Form nach unterscheidet man gangförmige, lagerförmige und stockförmige Imprägnationen.

Bestandteile der Erzlagerstätten.

Diese Erzlagerstätten bestehen aus metallhaltigen Mineralien oder aus Erzen, mit nicht metallhaltigen Mineralien, den Gangarten oder Lagerarten.

Die häufigsten Vorkommnisse der Metalle auf den Erzlagerstätten sind folgende:

Gold, kommt am häufigsten gediegen vor, entweder in sichtbaren Partien, Körnern oder Kristallen, oder unsichtbar fein dem Schwefelkies, Arsenkies usw. beigemengt.

Silber, findet sich gediegen und vererzt im Glaserz, im Weiß- und Rotgültigerz, im Miargyrit, Polybasit (oder Eugenglanz) usw., sowie fein verteilt im Bleiglanz oder in Kiesen.

Kupfer, findet sich gediegen und vererzt im Kupferkies, Buntkupfererz, Kupferglanz, Malachit, Kupferlasur, Fahlerz usw.

Das Blei gewinnt man aus Bleiglanz, Weiß-, Gelb-, Grün- und Rotbleierz usw.

Zink wird am häufigsten aus Galmei und aus der Zinkblende gewonnen.

Die wichtigsten Kobalterze sind: Speiskobalt und Glanzkobalt; die Nickelerze, die gewöhnlich zusammen mit den Kobalterzen vorkommen: Rotnickelkies, Weißnickelkies, Nickelarsenkies und Nickelantimonkies sowie der Garnierit (Numeait). Das wichtigste Zinnerz ist das Zinnoxyd oder der Zinnstein.

Quecksilber kommt vor gediegen oder als Zinnober, Amalgam usw.

Platin findet sich nur gediegen oder verbunden mit anderen meist sehr seltenen Metallen.

Eisen gewinnt man aus Spateisenstein, Sphärosiderit, Bohnerz, Raseneisenerz, Brauneisenerz, Roteisenerz, Magneteisenerz usw., die alle in verschiedenen Varietäten auftreten.

Die häufigsten Gang- und Lagerarten sind wohl Quarz, Hornstein, Kalkspat, Braunspat, Manganspat, Schwerspat, Flußspat und gewisse Mineralien der Zeolithgruppe.

Vorkommen der verschiedenen Erzarten.

Einzelne dieser Erzarten kommen vereinzelt vor, andere finden sich in der Regel miteinander verbunden. So kommen gewöhnlich zusammen vor:

1. Bleiglanz mit Zinkblende, Schwefel- und Kupferkies und mit Silbererzen.
2. Alle die verschiedenen Kupfererze mit Schwefelkies und oft auch mit Zinkblende.
3. Die Kobalterze mit den Nickelerzen.
4. Zinnerz mit Wolfram usw.

Unterscheidung und Benennung der Erzlagerstätten.

Man unterscheidet und benennt die Erzlagerstätten nach den wichtigsten, wertvollsten oder vorherrschend darin auftretenden Metallen; dann aber auch nach ihrer Form. So unterscheidet man z. B. Goldgänge und -lager, Silbererzgänge, -lagerstöcke und -imprägnationen, Kupfererzgänge, -lager, -stöcke und -imprägnationen.

Alters- und Lagerungsverhältnisse der Erzlagerstätten.

Die Erzlagerstätten finden sich zwischen Gesteinen des verschiedensten Alters, sind jedoch mit gewissen Gesteinsarten häufiger als mit anderen verbunden. So zeigen sich z. B. Zinnerze am häufigsten mit granitischen Gesteinen verknüpft, Galmei meist mit dolomitischem Kalksteine, Kupfererze sehr häufig mit hornblendehaltigen Gesteinen usw.

Die Verteilung der Erze in den Erzlagerstätten ist nicht immer eine gleichmäßige. Wohl ist das oft in den wirklichen Lagern der Fall, in den Gängen, Stöcken und Imprägnationen dagegen fast nie. In diesen wechseln vielmehr gewöhnlich reiche Stellen, sogenannte Erznester, gute Anbrüche oder Veredelungszonen mit armen oder tauben, d. h. erzleeren Regionen ab, so daß man fast nie die ganze Lagerstätte mit gleichem Nutzen oder überhaupt mit Nutzen gewinnen kann.

Seifenlager. Man verſteht darunter Anſchwemmungen von Geröllen, Sand, Lehm oder Schutt, die Metall- oder Erzkörner enthalten, die aus Lagern, Gängen, Stöcken oder Imprägnationen ausgewaſchen und dann wieder abgelagert worden ſind. Man findet hauptſächlich Platin, Gold und Zinnerze in ſolchen Seifenlagern, und vorzugsweiſe gerade dieſe, weil ſie der mechaniſchen Zerſtörung und der chemiſchen Zerſetzung am meiſten widerſtehen und zugleich ein hohes ſpezifiſches Gewicht haben, wodurch ſie bei der Wiederablagerung durch Anſchwemmung an beſtimmten Stellen konzentriert wurden, während die meiſten anderen Erze bei der Abſchwemmung durch Waſſer ſich zerſetzten und auflöſten, oder in ſehr kleine, leichte Teile zerrieben wurden, die ſich nicht ſo konzentrierten.

Die Entſtehung der Erzlagerſtätten iſt auf ſehr verſchiedene Weiſe vor ſich gegangen. Die wirklichen Lager ebenſo wie die Schichten der Sedimentgeſteine entſtanden wohl durch Ablagerung aus Waſſer, die Gänge, die Stöcke und Imprägnationen meiſt wohl durch Auskriſtalliſierung aus wäſſrigen Löſungen oder aus Dämpfen, welche die Erdkruſte in Zerſpaltungen durchdrangen, zum Teil auch durch die Konzentration (Schlierenbildung) im Magma vorhandener Metallverbindungen vor dem Feſtwerden dieſes letzteren (magmatiſche Erzausſcheidungen).

Neunter Abſchnitt.

Aufeinanderfolge und Gliederung der ſedimentären Geſteinsbildungen.

Unter einer ſedimentären Bildung verſteht man eine Anzahl durch Waſſer abgelagerter Geſteinsſchichten, die unter ganz oder ziemlich gleich bleibenden Umſtänden in einer und derſelben geologiſchen Periode übereinander abgelagert

worden sind. Die Sedimentärbildungen liegen in der Hauptsache nach ihrem Alter geordnet schichtweise übereinander.

Das Alter der Sedimentärbildungen läßt sich, soweit es sich um deren absolutes Alter handelt, nicht bestimmen. Darunter ist das Alter nach einem bestimmten Zeitmaße von Jahren ausgedrückt zu verstehen. Wohl aber spricht man vom relativen Alter der einzelnen Bildungen; das bedeutet das gegenseitige Altersverhältnis zweier Bildungen, das gegenseitige Älter- oder Jüngersein derselben. Das relative Alter der Sedimentärbildungen läßt sich durch deren Übereinanderlagerung, dann aber auch durch die darin enthaltenen Fossilien, d. h. Überreste von organischen Körpern, bestimmen.

Die Übereinanderlagerung entscheidet insofern über das relative Alter zweier Sedimentärbildungen, als da, wo aus Wasser abgelagerte geschichtete Gesteine sich noch in ihrer ursprünglichen gegenseitigen Lage befinden, allemal die untersten Gesteinsschichten älter sein müssen als die darüberliegenden. Durch ihre Lagerungsreihe kann man daher ihre Altersreihe bestimmen. Dies gilt selbstverständlich nur für die horizontal gelagerten Schichten, denn dort, wo diese Schichten durch steile Aufrichtungen, Biegungen, Zersprengungen und Verwerfungen in ihrer ursprünglichen Lagerung gestört worden sind, können Täuschungen über deren relatives Alter dadurch veranlaßt werden. In einem solchen Falle muß man die in den betreffenden Schichten enthaltenen Fossilien zu Rate ziehen. Man hat nämlich gefunden, daß die ungleich alten Gesteinsablagerungen stets ungleiche, die gleich alten dagegen ziemlich gleiche Arten von Fossilien enthalten. Nachdem man nun durch Erfahrung die Fossilien der verschiedenen übereinanderliegenden Gesteinsbildungen oder Systeme kennen gelernt hat, läßt sich aus ihnen auch umgekehrt das relative Alter der Sedimentärbildungen bestimmen, selbst dann, wenn ihre Lagerung undeutlich oder sehr gestört ist. Allerdings sind Fossilien der gleichalterigen Gesteinsablagerungen nicht immer ganz gleich, was daher

kommt, daß es von Anfang an Wasser- und Landbildungen, Süßwasser- und Meereswasserablagerungen, seichte und tiefe Meere gab. Man kann in den meisten Fällen erkennen, unter welchen Umständen die Bildung einer Fossilien einschließenden Gesteinsschicht erfolgte. Ja, man kann sogar unter den Fossilien die Bewohner der Tiefsee von denjenigen der felsigen oder schlammigen Meeresküsten unterscheiden und selbstverständlich auch die Meertiere von den Süßwasser- oder gar von den Landtieren.

Fazies. Gleichalterige, aber unter verschiedenen Umständen erfolgte Gesteinsablagerungen hat man Fazies benannt. Man spricht also z. B. von einer Tiefseefazies oder von einer Süßwasserfazies dieser oder jener sedimentären Bildung.

Die klimatischen Verhältnisse der Erdoberfläche in den verschiedenen geologischen Zeiträumen sind, wie man aus den Fossilien schließen kann, nicht immer dieselben gewesen wie in der Jetztzeit. Die Mitteltemperatur in den älteren geologischen Perioden muß wohl eine höhere und eine überall gleichmäßigere gewesen sein als jetzt. Das geht schon daraus hervor, daß sich in der Verteilung der Tier- und Pflanzenspezies in diesen Perioden keine so deutlichen klimatischen Zonenunterschiede erkennen lassen wie in der Gegenwart. Man bemerkt z. B. keinen konstanten Unterschied wie jetzt zwischen den nahe am Äquator oder gegen die Pole hin fossil gefundenen Arten, und in den nördlichsten Breiten findet man Formen, wie solche gegenwärtig für die Tropenländer charakteristisch sind. Diese höhere Temperatur scheint erst ganz allmählich aufgehört zu haben, denn in den neueren Ablagerungen zeigen sich schon allerlei Zonenunterschiede in der Verteilung der Tier- und Pflanzenreste.

Einteilung der Sedimentärgesteine.

Die Sedimentärgesteine werden eingeteilt nach folgenden, von den speziellsten zu immer allgemeineren aufsteigenden Abstufungen: Schichten, Schichtengruppen oder System-

glieder, Systeme und Systemgruppen oder Ären, die meist noch besondere Benennungen erhalten haben.

Die Schicht hat die kleinste, am wenigsten umfassende Bedeutung; sie ist das Resultat des kürzesten geologischen Zeitabschnittes. Die Schichtengruppe oder das Systemglied nennt man eine unbestimmte Anzahl innig miteinander verbundener und ihrem Inhalte nach nahe übereinstimmender Schichten. Unter System versteht man eine unbestimmte Anzahl zusammengehöriger Schichten oder Schichtengruppen, aus deren Natur und Lagerung hervorgeht, daß sie alle unter ähnlichen Umständen, ohne Unterbrechung, nacheinander abgelagert worden sind. Unter einer Systemgruppe oder einer Ära endlich begreift man eine Anzahl geographisch und geologisch miteinander verbundener und zusammengehöriger Systeme, die aber nicht ohne Unterbrechung und unter ganz gleichen Umständen gebildet sind, d. h. es können in einer solchen Gruppe z. B. Süßwasser- und Meeresablagerungen miteinander verbunden sein.

Einteilung der Bildungszeiträume.

Man teilt dieselben von den ältesten zu den immer jüngeren vorschreitend wie folgt ein:

1. Archäische Ära.
2. Paläozoische Ära.
3. Mesozoische Ära.
4. Känozoische Ära.

Die Ablagerungen dieser verschiedenen Zeiträume oder Perioden liegen nicht überall übereinander, und in ihrer Reihe sind oft große Lücken vorhanden. Es fehlen sogar in manchen Gegenden alle deutlich sedimentären Gesteine, und die Oberfläche besteht nur aus metamorphischen oder eruptiven Gesteinen. Auch finden sich die neueren Ablagerungen nicht immer in den höheren und die älteren in den tieferen Gegenden unserer Erde. Sehr oft sind gerade umgekehrt die ältesten Ablagerungen in den höchsten Gebirgsgegenden vorhanden, die jüngsten dagegen in den Nie-

derungen. Es ist dies eine Folge der vielfachen Erhebungen und zuweilen auch Senkungen, die die feste Erdkruste lokal erlitten hat.

Die petrographische Beschaffenheit der Ablagerungen der verschiedener Altersperioden. Die Gesteine der Ablagerungen verschiedener Altersperioden sind nicht konstant verschieden, und die gleich alten sind nicht immer unter sich gleich. Man kann im allgemeinen das Alter der Ablagerungen aus der Natur ihrer Gesteine nicht erkennen. In den neuesten wie in den ältesten Ablagerungen finden sich zuweilen ganz gleiche und in gleich alten Ablagerungen verschiedener Gegenden sehr ungleiche Gesteine vor. Auch in seiner petrographischen Beschaffenheit äußert sich bei einem Systemgliede oftmals die Art und Weise seiner Entstehung, d. h. ob dasselbe eine Meeres- oder eine Süßwasserbildung, eine Ablagerung des Seichtwassers oder der Tiefsee ist (siehe hier den Begriff „Fazies").

Die Gesteinsbeschaffenheit kann aber nichtsdestoweniger in Gegenden, die in dieser Beziehung bekannt sind, zur Altersbestimmung der Ablagerungen benützt werden, da innerhalb bestimmt zusammengehöriger Ablagerungsgebiete die Aufeinanderfolge der Schichten in ihrer mineralischen Natur sich oft über sehr große Strecken hin gleich bleibt, so daß man das relative Alter jeder einzelnen Schicht zuweilen aus ihrem mineralischen Zustande erkennen kann. Auch bestehen in mineralischer Hinsicht im allgemeinen bedeutende Unterschiede zwischen den älteren und den neueren Ablagerungen.

Die Alterseinteilung der einzelnen Perioden.

Archäische Ära.
- Urgneissystem.
- Urschiefersystem.

Paläozoische Ära.
- Kambrisches System (mit dem Präcambrium oder Algonkium).

Siluriſches Syſtem.
Devoniſches Syſtem.
Karboniſches Syſtem.
Permiſches Syſtem (Dyas).

Meſozoiſche Ära.
Triaſſiſches Syſtem (Trias).
Juraſſiſches Syſtem (Jura).
Cretaceiſches Syſtem (Kreide).

Känozoiſche Ära.
Tertiärſyſtem.
Quartärſyſtem.

Die Zeiträume, denen dieſe Abteilungen entſprechen, ſind von ſehr ungleicher Größe.

Die Trennung dieſer Abteilungen beruht auf der tatſächlichen Verſchiedenheit der Ablagerungen nach ihrer Zuſammenſetzung, Verbreitung und den darin enthaltenen Foſſilien in den bis jetzt geologiſch am beſten bekannten Erdgegenden.

Die Ausbreitung der einzelnen Syſteme über die ganze Erdoberfläche iſt eine ſehr ungleiche. Sie ſind alle auf mehr oder weniger große Verbreitungsgebiete beſchränkt; darüber hinaus, in anderen Gebieten, ſind ſie aber zuweilen durch gleich alte Ablagerungen von anderer Beſchaffenheit, ſogen. Parallelbildungen oder Äquivalente, vertreten, denen man, wo das nachweisbar iſt, dann allerdings trotz ihrer Verſchiedenheit dieſelben, zuweilen aber auch neue Namen zu geben pflegt. Die Verteilung von Waſſer und Land iſt nicht immer dieſelbe geweſen wie in der Gegenwart, ſondern war infolge der ſtetigen Bewegungen in der Erdfeſte in den verſchiedenen geologiſchen Zeiten eine ſtets wechſelnde. So hat ſich beiſpielsweiſe von der paläozoiſchen Ära an bis zur Tertiärzeit ein gewaltiges Meer von Zentralamerika über das heute vom Atlantiſchen Ozean eingenommene Gebiet zum Mittelmeer der Gegenwart und von hier bis nach Zentralaſien hinein erſtreckt, wo es mit dem wohl damals auch ſchon vorhandenen Pacifik in Verbindung

stand, die Thetys. Dieses Meer schied einen großen, Europa, Nordasien und Nordamerika umfassenden nördlichen Kontinent, Eurasien, von einem Südamerika, Afrika und Australindien in sich begreifenden, südlichen, dem indoafrikanischen Festlande.

Die Benennung der einzelnen Abteilungen beruht auf sehr verschiedenen Umständen, z. B. auf petrographischen Zuständen in gewissen Normalgegenden. So spricht man von der Kreide oder vom Buntsandstein. Sodann beruhen diese Namen auch auf Lokalitäten, in denen die Selbständigkeit der betreffenden Systeme zuerst erkannt wurde, so z. B. das jurassische System (vom Juragebirge), oder auf vulgären Bezeichnungen, wie z. B. Keuper, eine Unterabteilung des triassischen Systems, oder auf Ansichten über ihre Bildungsweise, wie Diluvium, usf. Die Benennungen der Unterabteilungen des tertiären Systems, als Eozän, Oligozän, Miozän und Pliozän, bezeichnen auch wohl ohne weiteres eine Zeiteinteilung und sind dann ganz unabhängig von der besondern lokalen Zusammensetzung.

Zehnter Abschnitt.

Die Fossilien oder Versteinerungen.

Die Fossilien oder Versteinerungen sind Überreste oder Spuren von Tieren und Pflanzen, die in den sedimentären Gesteinen gefunden werden und zu derjenigen Zeit gelebt haben, in der die betreffenden Sedimente abgesetzt worden sind.

Der Erhaltungszustand der Fossilien ist ein sehr mannigfaltiger. Man findet gewöhnlich nur die festeren Teile von Tieren oder Pflanzen in fossilem Zustande; von den Pflanzen meist die Stämme, die Zweige und Blätter,

seltener dagegen die Blüten und die fleischigen Früchte, von den Tieren die Knochen und Zähne, die Schuppen und die kalkigen Schalen und Gehäuse. Doch kommen, besonders in Ablagerungen, die in ruhigen Gewässern niedergeschlagen worden sind, Fossilien vor, die uns die feinsten und zartesten Teile der betreffenden Tiere oder Pflanzen noch erkennen lassen. Sehr häufig findet man nur den Ausguß der inneren Hohlräume gewisser Organismen, die sog. Steinkerne, oder nur die Abdrücke von Tieren und Pflanzen, ja sogar nur ihre Spuren und Fährten. Die Fossilien sind nicht immer leicht zu erkennen, denn sie sind vielfach schlecht erhalten, zerdrückt, überhaupt unkenntlich und nur mit großer Mühe noch bestimmbar geworden.

Verschiedenheit der Fossilien. Die Fossilien der ungleich alten Ablagerungen sind stets voneinander verschieden, weil das organische Leben auf der Erdoberfläche von Anfang an stets fortschreitend sich verändert und immer höher entwickelt hat. Desgleichen kommt es oftmals vor, daß die Fossilien der gleichalten Ablagerungen nicht stets ganz gleich sind, und zwar, weil es, wie schon erwähnt worden ist, von Anfang an Wasser und Land, Süßwasser und Meereswasser, seichte und tiefe Meeresstrecken auf der Erde gab, und weil von Anfang an die einzelnen Tier- und Pflanzenspezies zum Teil danach auf bestimmte Verbreitungsgebiete beschränkt waren.

Leitfossilien oder Leitmuscheln nennt man für die einzelnen Systeme oder Systemglieder ganz besonders charakteristische fossile Überreste. So sind z. B. die echten Ammoniten die Leitfossilien für die Ablagerungen der mesozoischen Zeit, einzelne Ammonitenfamilien wiederum die Leitfossilien für die einzelnen Abteilungen des jurassischen Systems, und gewisse Ammonitenspezies schließlich die Leitfossilien für die einzelnen Schichten dieser Abteilungen.

Die Übereinstimmung der fossilen Organismen mit den heute noch lebenden. Die heute lebende Tier- und Pflanzenwelt stimmt nur zum Teil mit den fossilen Tier-

und Pflanzenarten überein. In den meisten Fällen weichen die heute lebenden Organismen von den fossilen ab; dann spricht man von ausgestorbenen Formen. Diese Abweichung ist um so größer, als die Ablagerungen, aus denen die in Frage kommenden Fossilien stammen, älter sind, so daß man mit der jetzigen organischen Welt übereinstimmende Formen meist nur in den neueren oder jüngeren Ablagerungen findet. Die Verschiedenheit zwischen den ausgestorbenen Formen und den jetzigen ist manchmal so groß, daß man dieselben in den gegenwärtig bekannten Geschlechtern und Familien nicht hat unterbringen können und deshalb gezwungen war, für dieselben ganz neue Abteilungen zu machen. In den ältesten geologischen Perioden haben die am höchsten organisierten Tiere und Pflanzen, z. B. alle Säugetiere und die angiospermen Dikotyledonen, ganz gefehlt, und es läßt sich also daraus schließen, daß das organische Leben auf der Erdoberfläche sich allmählich von den niedersten, einfachsten Formen zu immer höher organisierten, mannigfaltigeren und vollkommeneren entwickelt hat.

Die Entwickelung der organischen Welt in den geologischen Perioden ist demnach der Erfahrung gemäß eine stetig fortschreitende gewesen, derart, daß immer neue, immer mehr und in der Regel immer vollkommener organisierte Arten und Geschlechter an die Stelle der allmählich aussterbenden getreten sind, so daß sich die belebte Welt unausgesetzt verändert hat, ähnlich wie sich die gleichzeitig lebenden Individuen irgend einer Spezies unausgesetzt ändern. Die gleichzeitig lebenden Arten waren deshalb in jeder geologischen Periode etwas anders, und nachdem man ihre Aufeinanderfolge durch Beobachtung erkannt hat, kann man mit Hilfe dieser Erfahrungen aus den in irgend einer Ablagerung zusammen vorkommenden Fossilien das relative Alter derselben erkennen. Die Änderungen der organischen Schöpfung sind (wofür alle Erfahrungen sprechen) nur stets allmählich eingetreten, und zwar derart, daß in keiner Periode sämtliche Organismen durch eine Katastrophe vernichtet und

dann neue an deren Stelle getreten wären, wie denn überhaupt in der ganzen Entwickelungsgeſchichte unſeres Erdkörpers wahrſcheinlich zu keiner Zeit plötzliche, ganz allgemeine Änderungen eingetreten ſind (die Kataſtrophentheorie der früheren Geologen), ſondern ſtets nur allmähliche oder nur lokal plötzliche (die Aktualitätstheorie, vom engliſchen Geologen Lyell begründet). Zuerſt treten die nieder organiſierten Tiere auf, Foraminiferen, Schwämme, die Korallentiere, die Mollusken, Kruſtazeen und Fiſche, die Kryptogamen und die Koniferen, und zwar meiſt nur Typen, die gänzlich ausgeſtorben ſind. Daran ſchließen ſich die Reptilien und die Zykadeen, dann kommen die Vögel, Säugetiere und phanerogamen Pflanzen zum Vorſchein, und erſt zuletzt erſcheinen die Affen und der Menſch.

Elfter Abſchnitt.

Die archäiſche Ära.

Die Felsarten der archäiſchen Ära beſtehen aus Gneiſen der verſchiedenſten Varietäten, ſo aus Glimmergneiſen, Hornblendegneiſen, Chloritgneiſen, Talkgneiſen uſw. Beſonders die Glimmergneiſe beſitzen große Verbreitung (Biotitgneiſe und Muskovitgneiſe). Neben den Gneiſen kommen noch beſonders in Betracht die Glimmerſchiefer und die Phyllite, letztere als echte Tonglimmerſchiefer oder auch als Tonſchiefer. In mehr untergeordneter Weiſe finden ſich Quarzite, Sandſteine uſw. Hervorzuheben ſind die meiſt linſenförmigen Einlagerungen von körnigem Kalk, von ſogenanntem Urgebirgskalk in den Geſteinen des Syſtems. Dergleichen Linſen wechſeln ſehr in ihren Dimenſionen; man kennt ſolche von nur wenigen Zentimetern Durchmeſſer und wiederum andere, die eine Längenausdehnung von mehreren 100 m beſitzen.

An der Berührungsstelle dieser Kalklinsen mit den sie umschließenden kristallinischen Schiefern treten vielfach Kalksilikate in größerer Menge auf, Granat, Vesuvian, Titanit usw., Kontaktmineralien, wovon schon früher die Rede war. In diesen Kalkinseln findet sich auch das eigentümliche Gebilde, das Eozoon canadense, dessen anorganische Natur heute kaum mehr angezweifelt werden dürfte. Der Quarzit bildet ebenfalls mächtige Einlagerungen; als Beispiel dafür nennen wir den bekannten „Pfahl" im ostbayrischen Grenzgebirge, nach neuerer Ansicht ein Gang. Die Gesteine der archäischen Ära führen keinerlei Fossilien, zweifellose Spuren organischer Überreste sind bis zum heutigen Tage noch nicht darin nachgewiesen worden.

Als wichtigste Eruptivgesteine seien genannt: Granite, Syenite, Diorite, Gabbros, Olivinfelse und Serpentine.

Einteilung der archäischen Ära. Zu unterst das Urgneissystem (das Laurentian Nordamerikas) mit vorwaltenden Gneisen, die in Gneisglimmerschiefer und in Glimmerschiefer, auch in Granite übergehen, und zu oberst das Urschiefersystem (die Huronischen Bildungen Nordamerikas), vorwiegend aus Glimmerschiefern und phyllitischen Gesteinen bestehend.

Nutzbare Mineralien der archäischen Ära. Ihre Gesteinsreihe zeichnet sich vor derjenigen aller anderen Systeme durch ihren Reichtum an nutzbaren Mineralien aus. So findet sich darin der Graphit, zum Teil fein verteilt im Gneis, zum Teil förmliche Lager in diesem Gestein bildend; dann kennt man ferner Silber-, Kupfer-, Zinn-, Eisenerze, auch Bleierzlagerstätten (Przibram in Böhmen), in großer Zahl. Das Vorkommen von Gold, Platin, von den verschiedensten Edelsteinen (Diamant im Itakolumit) ist besonders an die Gesteine der archäischen Ära gebunden.

Die Mächtigkeit der archäischen Ära ist eine gewaltige und soll an etlichen Stellen unserer Erde an 30000 m betragen.

Die Lagerungsverhältnisse der archäischen Ära sind sehr verschieden. Nur in seltenen Fällen sind ihre Schichtenreihen noch horizontal gelagert; meistenteils sind dieselben mehr oder weniger gefaltet, aufgerichtet, oder auch sie befinden sich in fächerförmiger Stellung, wie z. B. im Zentralmassiv der Alpen.

Die Verbreitung der archäischen Ära ist eine sehr allgemeine; größere zu derselben gehörige Komplexe findet man in Deutschland im Erzgebirge, im Böhmerwald, im Fichtelgebirge, in den Lausitzer Bergen, im Riesengebirge, in den Sudeten, im Spessart, Taunus, Odenwald, Schwarzwald, in den Vogesen. In größerer Ausdehnung tritt dieselbe ferner zutage in den Zentralalpen, in den skandinavischen Ländern, in Schottland, in Nord- und in Südamerika (Kanada, Anden, Brasilien), in Asien (China, Japan, Indien), in Afrika und in den nordarktischen Regionen (Grönland).

Über die Entstehung der Gesteine der archäischen Ära ist schon früher (Seite 128 u. ff.) das Nötige gesagt worden.

Zwölfter Abschnitt.

Die paläozoische Ära.

Das kambrische System.

Das kambrische System, dessen Name von einer alten Bezeichnung der Grafschaft Wales „Cambria" abgeleitet worden ist, wo man diese Bildung in ihrer Entwickelung zuerst erkannt hat, bildet eine stellenweise an 3000 m mächtige Schichtenreihe, die, was ihren petrographischen Charakter betrifft, noch stark kristallinisch ausgebildet ist und vorherrschend tonige und quarzitische, zum Teil auch konglomeratartige Ablagerungen, Tonschiefer, Grauwacken und

sogenannte „Grundkonglomerate", auch Sandsteine, sogar Tone, kalkige Sedimente dagegen nur in untergeordneter Weise umfaßt.

Die organischen Einschlüsse der kambrischen Schichtenreihe. In den untersten Schichten der kambrischen Formation treten die ersten unzweideutigen Spuren des organischen Lebens auf der Erde auf. Mit dem ersten Erscheinen derselben beginnt die paläozoische Ära, und hier liegt also die Grenze zwischen der archäischen und der paläozoischen Gesteinsgruppe, die sich sicherlich im Laufe der Zeit und bei unserer zunehmenden Kenntnis von den Gesteinen unserer Erde weiter nach unten zu verschieben wird, falls es gelingen sollte, in noch tieferen Schichten zweifellose organische Überreste zu finden.

Die Flora der kambrischen Schichtenreihe ist eine äußerst spärliche. Gebilde von mehr oder weniger zweifelhafter Natur, als Eophyton, Nereites, Cruziana (zum Teil nach neuerer Ansicht Kriechspuren von Würmern usw.), Oldhamia (vielleicht ein hydrozoenartiges Tier), treten oft in größerer Menge auf.

Die Fauna des Kambriums ist ebenfalls eine verhältnismäßig arme. Wichtig sind besonders die Brachiopoden (Lingula, Lingulella, Obolus, Obolella, Acrotreta) und die Trilobiten (Agnostus, Ellipsocephalus, Conocephalus, Olenus, Paradoxides [Abb. 60], Parabolina) sowie einige Graptolithen (Bryograptus, Dictyonema). Alle übrigen Tierformen sind nur spärlich oder gar nicht im Kambrium vertreten.

Gliederung der kambrischen Schichtenreihe.

Von unten nach oben:

Präkambrium (Algonkium, auch neuerdings als eigenes [algonkisches] System von den kambrischen Schichten ausgeschieden) auf den obersten kristallinischen Schiefern aufruhend, aus Phylliten, Chlorit-, Serizit- und anderen ähnlichen Schiefergesteinen, aus grauwackenartigen

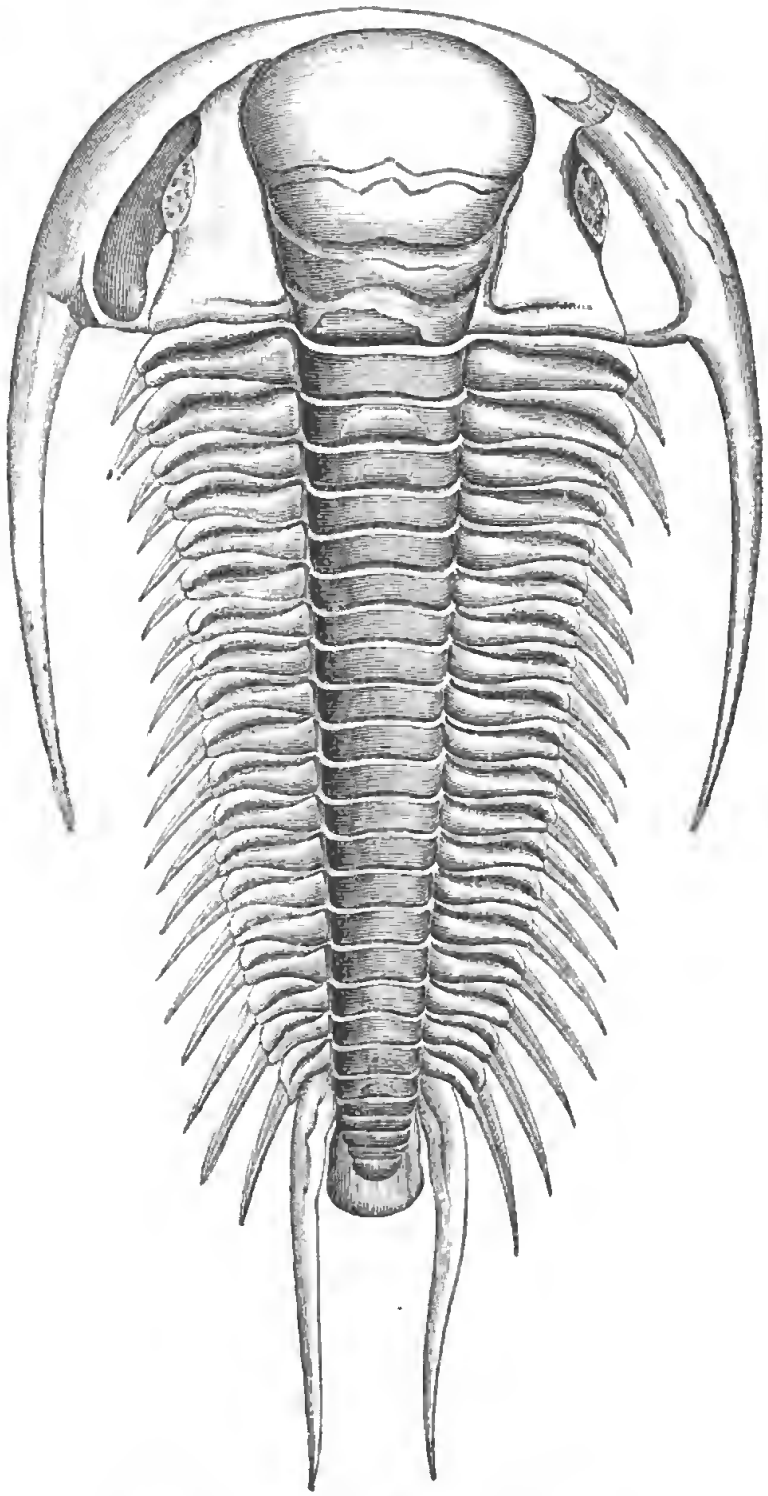


Abb. 60. Parodoxides bohemicus *Barr.*

Digitized by Google

oder sandsteinartigen Quarziten, Kalk-, Eisensteinen usf. zusammengesetzt.

Unteres Kambrium (Olenellus-Stufe), mit Fukoiden- und Eophytonresten, Lingulella ferruginea, Olenellus Kjerulfi usf.

Mittleres Kambrium (Paradoxides-Stufe), mit Paradoxides, Agnostus, Ellipsocephalus usf.

Oberes Kambrium (Olenus-Stufe), mit Olenus truncatus, gibbosus, Parabolina spinosa, Dictyonema usf.

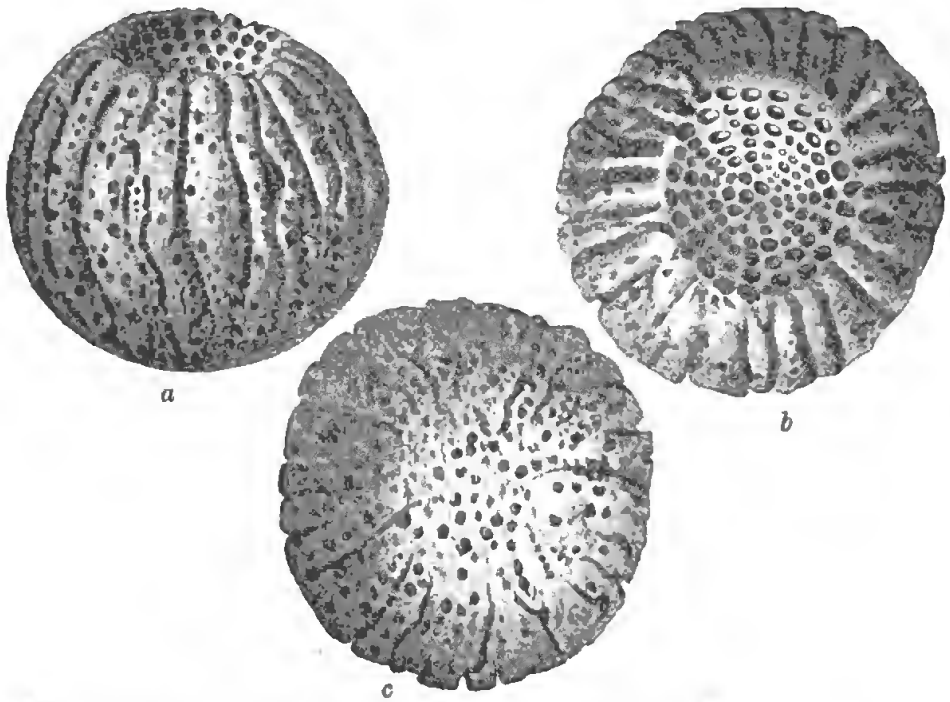


Abb. 61. Astylospongia praemorsa *Goldf.* a von der Seite, b von oben, c von unten.

Verbreitung und Lagerungsverhältnisse der kambrischen Sedimente. Die Ablagerung des Kambriums sind über die ganze Erde zerstreut und schließen sich zum Teil enge an die Schichten der archäischen Ära an. Nur wenn die ersteren mit konglomeratartigen oder grobkörnigen ähnlichen Trümmergesteinen beginnen (Schottland, Norwegen, Schweden usw.), tritt meist eine abweichende, oftmals über die archäischen Schichten übergreifende Lagerung ein. Die

ursprüngliche Lagerung der kambrischen Sedimente ist, wie diejenige des Urgebirges, stark gestört, gefaltet, zerklüftet und verworfen. Die kambrische Schichtenreihe ist in Deutschland nur in geringem Maße entwickelt, so im Fichtelgebirge, Thüringen, Vogtland (grünlich-graue Tonschiefer mit Quarziten, mit seltenen Ausnahmen fossilarm). Bedeutende kambrische Ablagerungen kennt man aber in England (Wales), in Skandinavien (Schweden, südliches Norwegen), in den russischen Ostseeprovinzen (blauer Ton, Fukoidensandstein, Ungulitensandstein), in Böhmen (untere und mittlere Stufe, die letztere auch Primordialstufe genant). Auch Süd- und Nordfrankreich, Belgien, Sardinien weisen kambrische Schichten auf. In Nordamerika haben diese letzteren größere Verbreitung, so das Algonkium in Arizona, am Lake superior usw., das eigentliche Kambrium in Kanada, in den Oststaaten der Union (Vermont, Ohio, Pennsylvania), Neubraunschweig, Neufundland, Neuschottland, bis in die Nordpolarregionen hinein usw. Auch in China und Korea kamen kambrische Schichten zum Absatz.

Eruptivgesteine und Mineralreichtum des kambrischen Systems.

Granite, Quarzporphyre, Diabase und melaphyrartige Gesteine sind die wichtigsten Eruptivgesteine der kambrischen Schichtenreihe. Hervorzuheben ist das berühmte Kupfervorkommen auf der Halbinsel Keweenaw am Lake superior, deren westliche Hälfte aus Melaphyren, kupferführenden Diabasmandelsteinen, Konglomeraten und Sandsteinen aufgebaut ist und im rechten Winkel zu ihrer Längserstreckung von zahlreichen Gängen durchsetzt wird, die eine Mächtigkeit von wenigen Zentimetern bis zu 10 m aufweisen, und auf denen neben den Gangarten Kalzit, Prehnit und Quarz gediegen Kupfer in bis zu 15 000 Zentner schweren Massen sich findet.

Das silurische System.

Das silurische System wird zusammengesetzt von Tonschiefern, Sandsteinen, Grauwacken und Kalksteinen, von letzteren nur in untergeordneter Weise, ferner von Dolomiten,

Alaunschiefern, Quarziten, Kieselschiefern. Auch diese letztgenannten Gesteine treten nur in untergeordneter und lokaler Ausbildung auf.

Die silurischen Sedimente sind marine Bildungen und von bedeutender Mächtigkeit.

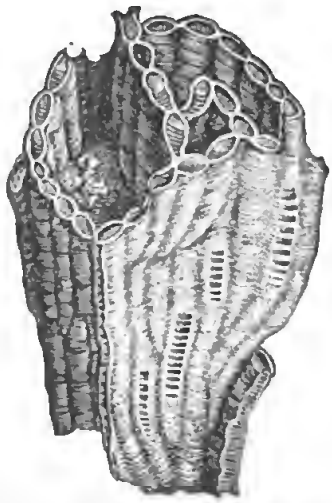


Abb. 62. Halysites catenularia *Lin.*

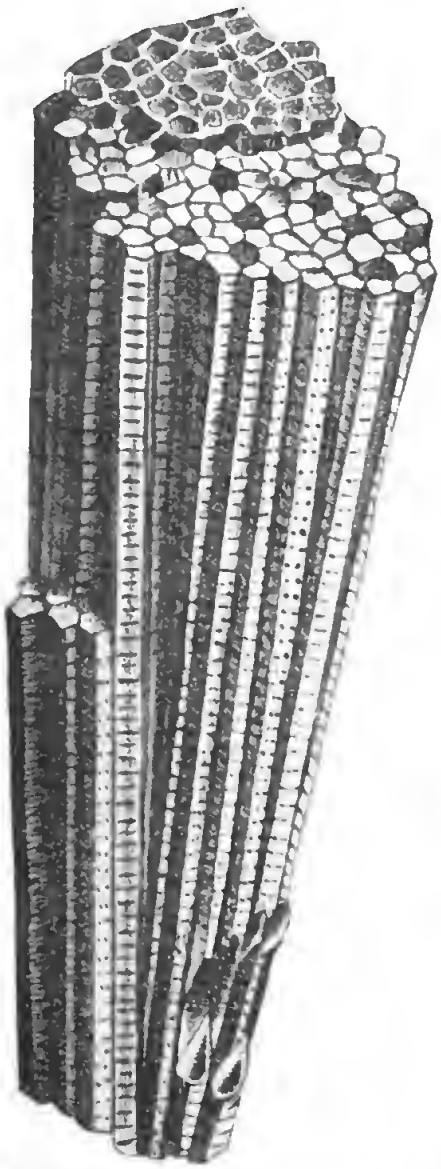


Abb. 63. Favosites Gothlandica *Lk. sp.*

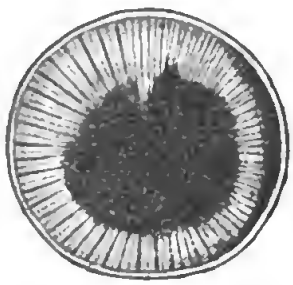


Abb. 64. Omphyma subturbinata *M. Edw.* et *Haime.*

Die Flora und die Fauna des Silursystems.

Im amerikanischen Untersilur (Cincinnatikalk) treten die ersten Landpflanzen auf, kalkabscheidende Siphoneen

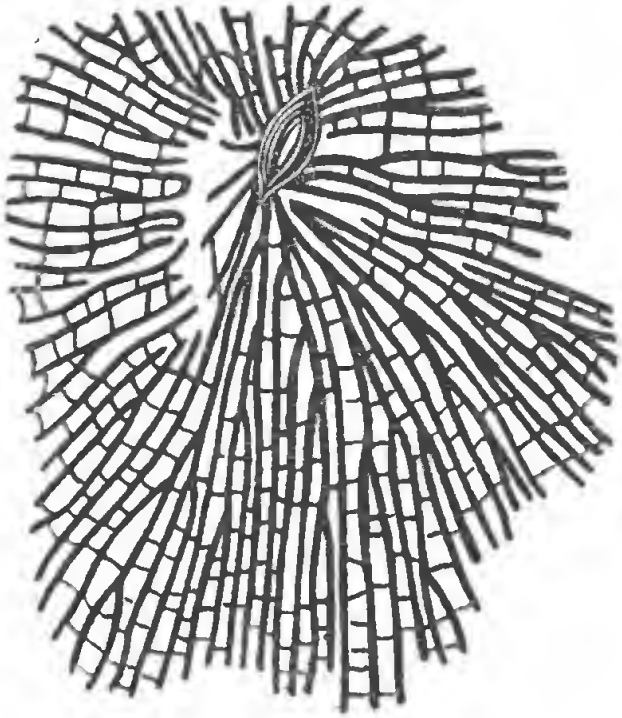


Abb. 65. Dictyonema retiforme *Hall.*

Abb. 66. Monograptus turriculatus *Barr.*

Abb. 67. Monograptus *Barr.*

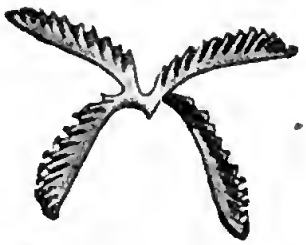


Abb. 68. Tetragraptus bryonoides *Hall.*

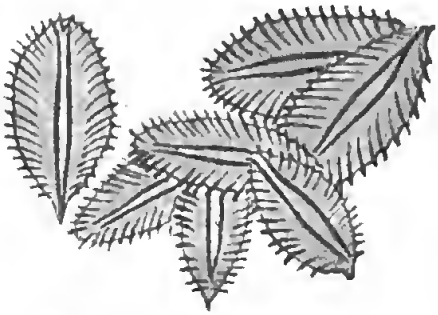


Abb. 69. Phyllograptus typus *Hall.*

(Vermiporellen und Paläoporellen) haben sich im Gebiete des baltisch-skandinavischen Silurs an der Gesteinsbildung

wesentlich mitbetätigt. Die Fauna zeigt schon einen beträchtlichen Reichtum an Formen, so Schwämme, Astylospongia (Abb. 61) und Aulocopium, Korallen, Aulopora, Syringopora, Halysites (Abb. 62), Favosites (Abb. 63), Cyathaxonia,

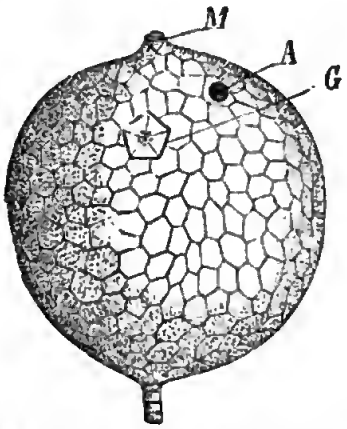


Abb. 70. Echinosphaerites aurantium *Hisp. span.*

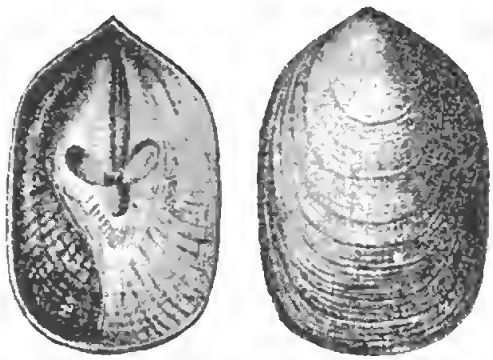


Abb. 71. Lingula Lewesii *Sowerby.*

Omphyma (Abb. 64), Hydrozoen, die Graptolithen (Abb. 65—69), Echinodermen, und zwar Cystideen, als Echinosphaerites (Abb. 70), Caryocystides, Krinoideen, die ihre

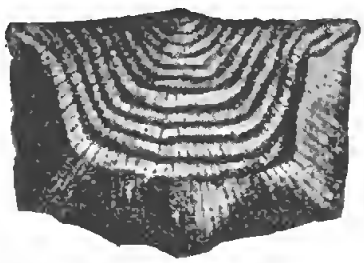


Abb. 72. Strophomena depressa *Vanuxem.*

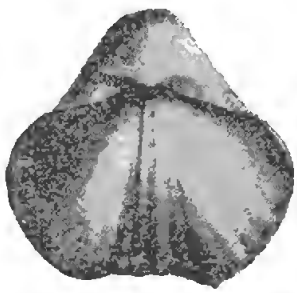


Abb. 73. Pentamerus galeatus *Conrad.*

Hauptentwickelung im Silur erreichen, Cyathocrinus, Taxocrinus, Brachiopoden, als Lingula (Abb. 71), Discina, Leptaena, Strophomena (Abb. 72), Orthis, Rhynchonella, Pentamerus (Abb. 73), Spirifer (es sind über 2000 Arten Brachiopoden aus dem Silur bekannt), Mollusken, und zwar Zweischaler, als Cardiola, Gastropoden, Capulus, Pteropoden,

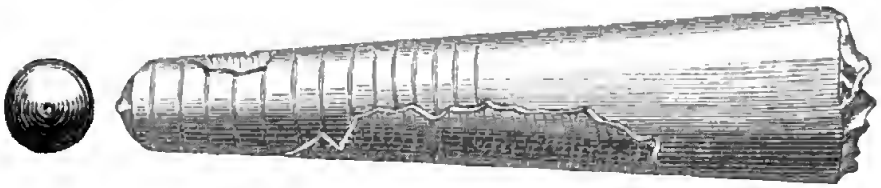


Abb. 74. Orthoceras timidum *Barr.*

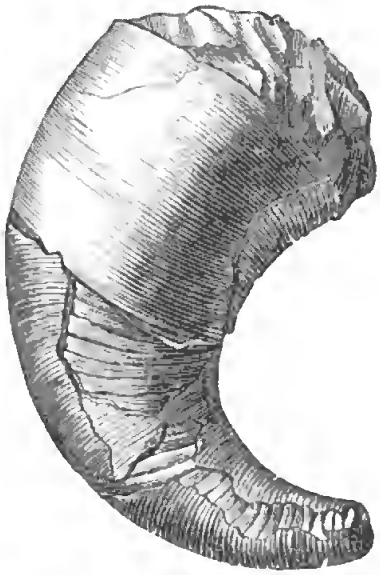


Abb. 75. Cyrtoceras Murchisoni *Barr.*

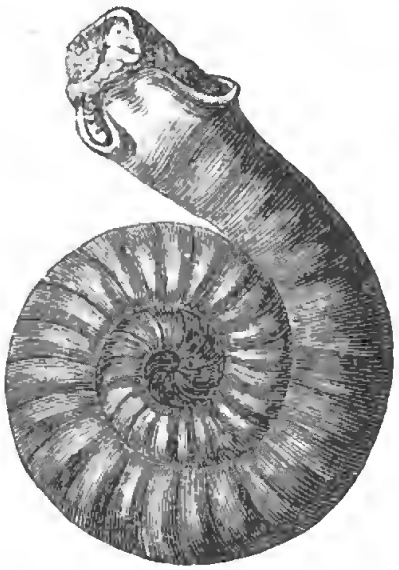


Abb. 76. Lituites simplex *Sow.*

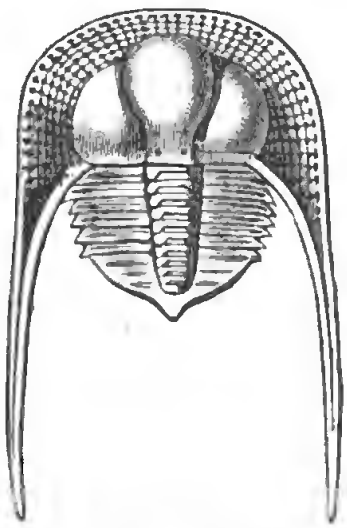


Abb. 77. Trinucleus Goldfussi *Barr.*

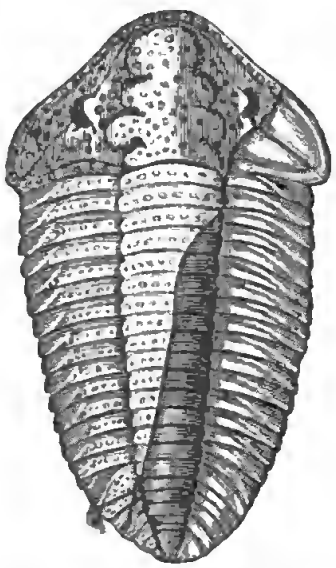


Abb. 78. Calymene Blumenbachi *Brongn.*

Tentaculites, Cephalopoden, Orthoceras (Abb. 74), Endoceras, Cyrtoceras (Abb. 75), Phragmoceras, Lituites (Abb. 76),

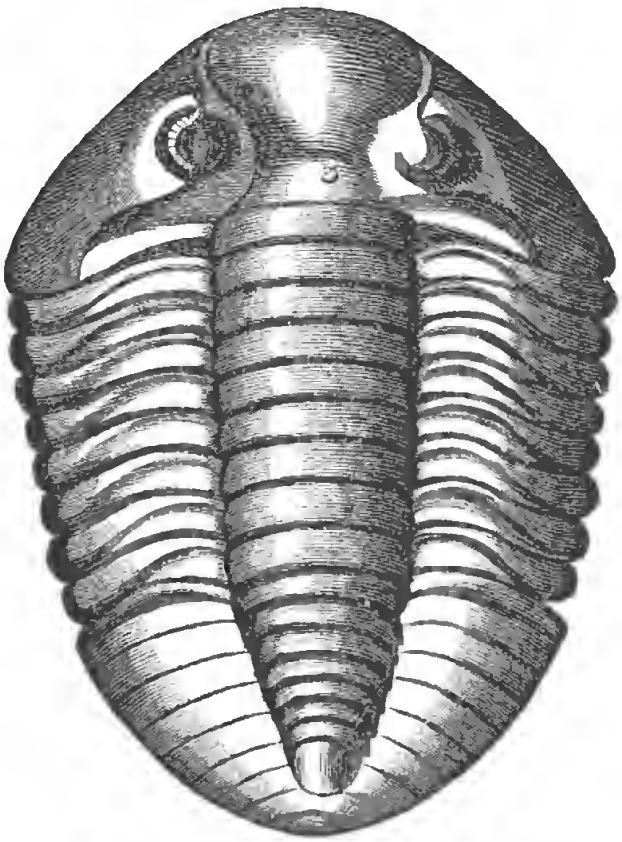


Abb. 79. Asaphus expansus *Wahlkg.*

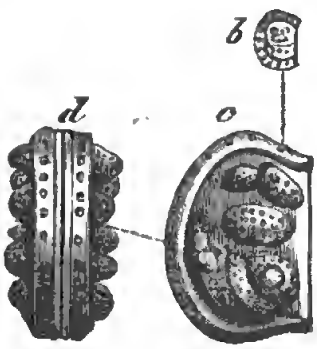


Abb. 80. Beyrichia tuberculata *Boll.*

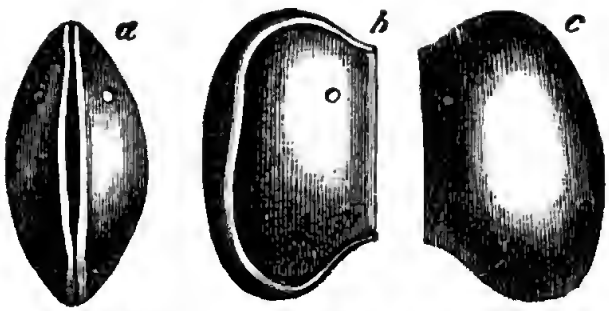


Abb. 81. Leperditia baltica *Jones.*

Arthropoden, darunter besonders die Trilobiten mit den Geschlechtern Trinucleus (Abb. 77), Bronteus, Calymene (Abb. 78), Sao, Asaphus (Abb. 79), Ogygia, Beyrichia

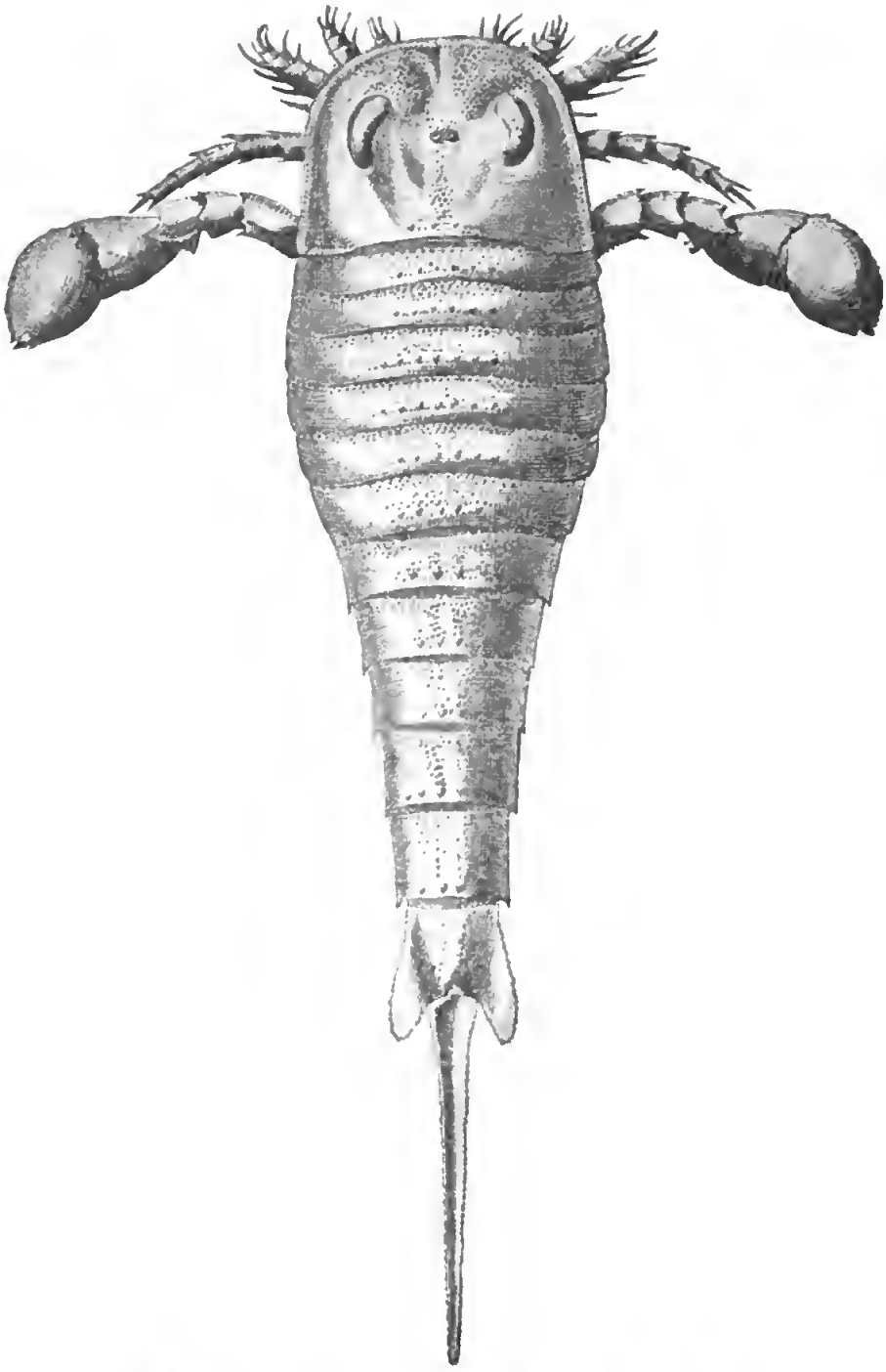


Abb. 82. Eurypterus Fischeri *Eichw.* Von oben.

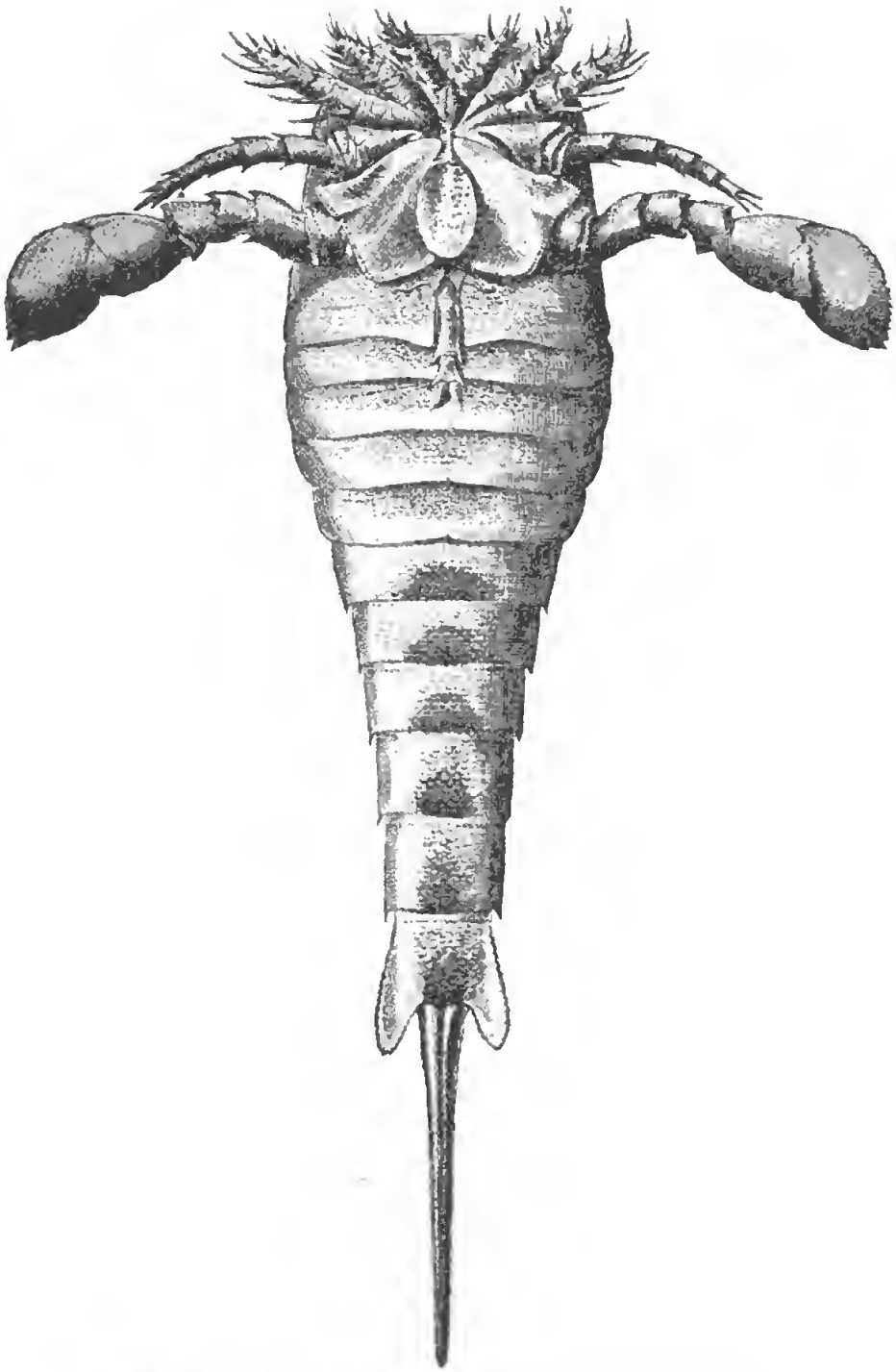


Abb. 83. Eurypterus Fischeri *Eichw.* Von unten.

(Abb. 80) und den Muschelkrebs Leperditia (Abb. 81), dann die obersilurischen Euripteriden (zu der Ordnung der Gigantostraca gehörig (Abb. 82 und 83). Im Obersilur kennt man spärliche Wirbeltierüberreste, und zwar solche von Selachiern, Ctenacanthus, und von Panzerganoiden.

Gliederung und Verbreitung des silurischen Systems.

Die silurische Schichtenreihe unterliegt einer Zweiteilung in Untersilur und in Obersilur.

Auf dem europäischen Festland und den britischen Inseln ist das Silur verschiedentlich entwickelt. In Deutschland kennt man hierhergehörige Bildungen im Thüringer Wald (untersilurische Griffelschiefer), bei Leimitz in der Nähe von Hof in Bayern (untersilurische Tonschiefer mit Olenus, Niobe uff.), im Harz (obersilurische Grapholitenschiefer bei Lauterberg und im Selkethal), im Kellerwald bei Wildungen in Hessen (Grauwacken, Ton- und Kieselschiefer uff. obersilurisch), dann in Schlesien (Silberberg, Lauban).

In Böhmen hat J. Barrande, der Erzieher und spätere Testamentsvollstrecker des Grafen Chambord (Heinrich V. von Frankreich), die dortigen silurischen Schichten gründlich untersucht und seine Beobachtungen in dem vielbändigen und grundlegenden Werk Le système silurien de la Bohême, wozu ihm sein früherer Zögling größtenteils die Mittel gegeben hat, niedergelegt. Das Silur Böhmens bildet eine etwa 20 Meilen lange und 2 bis 3 Meilen breite elliptische, muldenartig eingelagerte Schichtenreihe, deren Hauptachse etwa der Linie Prag-Braunau-Pilsen folgt. Das nachstehende Profil (Abb. 84) mag das erläutern. Man ersieht aus der Legende der Abbildung, daß nicht mehr alles, was Barrande für Silur angesehen hat, zu diesem System gezählt wird. Dieser Forscher hatte die silurischen Sedimente Böhmens in acht Abteilungen geteilt und mit den Buchstaben A bis H bezeichnet.

In den Alpen kommt Silur an verschiedenen Stellen vor, so in den Karnischen und Julischen Alpen, in den Kara-

wanken, ferner in Frankreich in ziemlicher Verbreitung (Bretagne, Normandie), in Spanien (Asturien, Sierra Morena), in Portugal, auf Sardinien. In Großbritannien und Irland ist das silurische System zu reicher Entfaltung gelangt, so in Wales, Shropshire, Herfordshire, in Südschottland und Nordirland. Es sind Tonschiefer, Grauwacken, Sandsteine, Quarzite und Kalksteine, die eine sehr eingehende Gliederung erfahren haben. Größere Gebiete Skandinaviens sind ebenfalls von silurischen Ablagerungen bedeckt, so in Norwegen in der Umgegend von Christiania, am Mjösensee, im Stift Trondheim, in Schweden in Schonen, Ost- und Westgotland, in Dalekarlien, Jemtland und auf den Inseln Öland, Gotland, Bornholm. Sowohl das Untersilur als auch das Obersilur sind in Skandinavien entwickelt (als Beispiele: die untersilurischen Orthocerenkalke und auf der Insel Gotland die Korallenbänke und Stromatoporenriffe des Obersilurs). In Rußland besitzt das Silur gewaltige Verbreitung; so von Petersburg aus westlich durch Estland und Nordlivland bis zu den Inseln Dagö und Ösel, dann im Uralgebirge. Das zwischen dem Alleghanygebirge und dem Mississippi belegene Areal Nordamerikas ist hier das hauptsächlichste Verbreitungsgebiet des silurischen Systems, das auch in Kanada und im Nordwesteu der Union entwickelt ist.

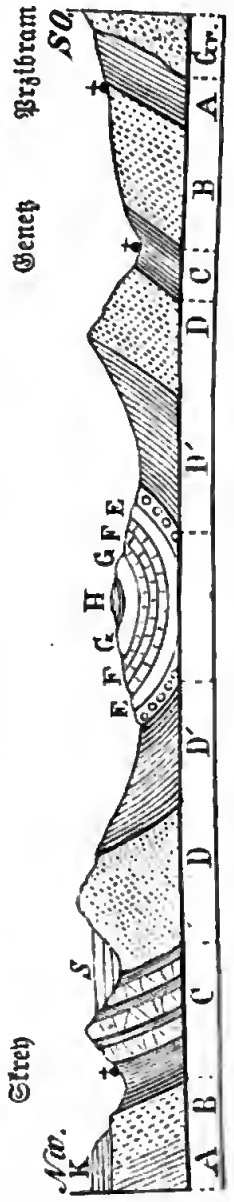


Abb. 84. Profil durch die muldenartig eingefalteten kambrischen, silurischen und devonischen Schichten Böhmens. Die Buchstaben A bis H entsprechen den Abteilungen von J. Barrande. A und B = archäische Ablagerungen, C und die untersten Schichten von D = Kambrium (C = Primordialstufe Barrandes), die übrigen Schichten von D = Untersilur, E = Obersilur, F, G und H = Devon, Gr. = Granit und Gneis, K = Kreidebildungen, S = Steinkohlenbildungen.

Abb. 85. Palaeopteris Roemeriana *Schimper*.

Diese nordamerikanischen silurischen Bildungen stehen in betreff der von ihnen geführten organischen Überreste und auch bezüglich ihres sonstigen Habitus mit den gleichaltrigen Sedimenten Englands und Skandinaviens in einem engeren Zusammenhang als diese letzteren mit den Silurablagerungen Mittel- und Südeuropas. In Südamerika (Bolivia, Argentinien), in Afrika (Marokko), in Asien (China, Himalaja) und in Australien (Neu-

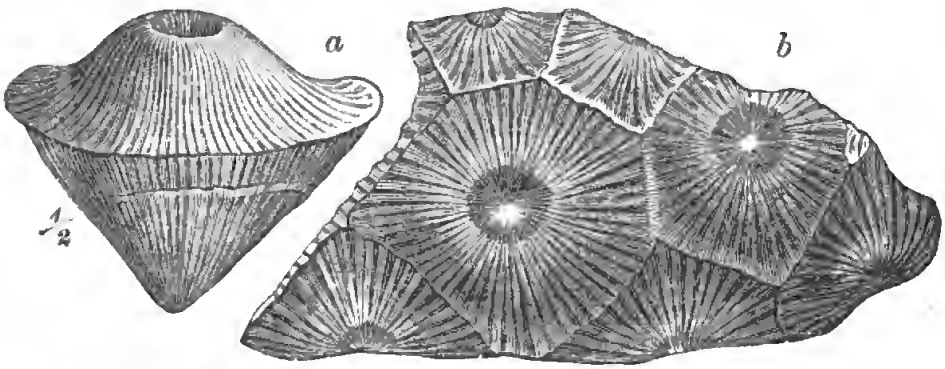


Abb. 86. Cyathophyllum helianthoides *Goldf.* a Einzelzelle, b Stock.

seeland, Victoria, usf.) kennt man gleichfalls silurische Schichten.

Wichtige Eruptivgesteine des silurischen Systems sind besonders Diabase mit ihren tuffartigen Bildungen (Schalsteine).

Der Erzreichtum der silurischen Ablagerungen besteht im wesentlichen in dem Vorkommen von Eisen-, Kupfer-,

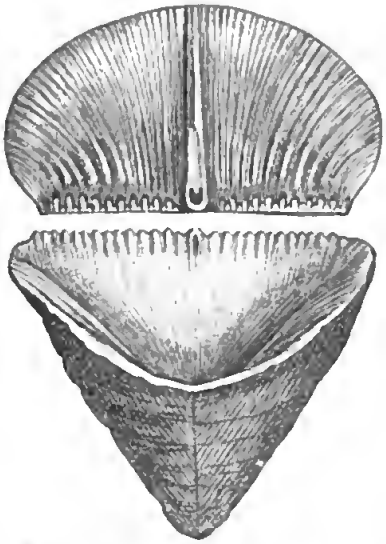


Abb. 87. Calceola sandalina *Lam.*

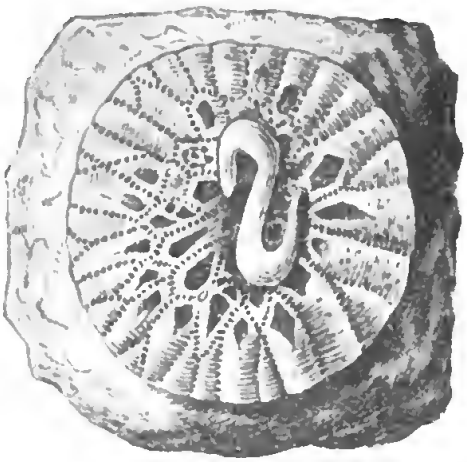


Abb. 88. Pleurodictycum problematicum *Goldf.*

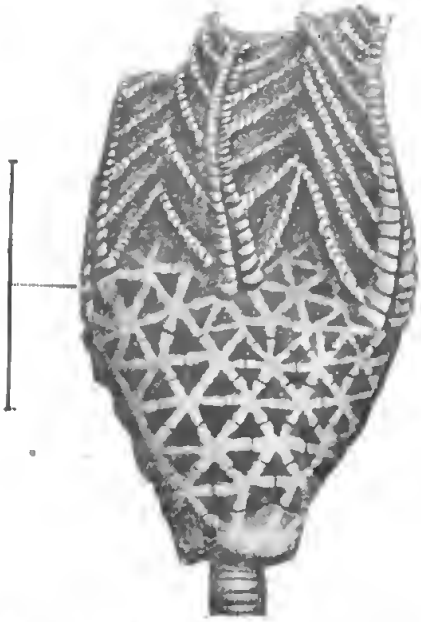


Abb. 89. Melocrinus (Ctenocrinus) stellaris *L. Schultze.*

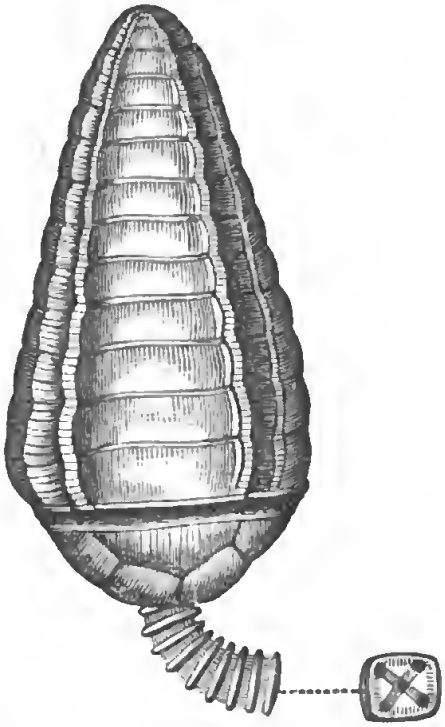


Abb. 90. Cupressocrinus crassus *Goldf.* Kelch mit Armen und Säulengliedern.

Blei- und Zinkerzen, so Spateisenstein in den Nordalpen (Eisenerz, Werfen), Galmei und Zinkblende in Pennsylvanien,

Bleiglanz in der sog. Bleiglanzregion im südlichen Wisconsin, etwa 126 deutsche Quadratmeilen Flächeninhalt besitzend. Die Bleierze in Begleitung von Zinkblende, Kupferkies usw. kommen dort auf unzähligen, den Trentondolomit durchquerenden Spalten vor.

Das devonische System.

Petrographischer Charakter. Im Devon herrschen vor Tonschiefer, Konglomerate, Sandsteine, Quarzite, Grauwacken und Kalksteine.

Flora und Fauna des devonischen Systems. Auch hier ist die Flora, gleichwie im Silur, noch eine sehr einförmige, Gefäßkryptogamen, darunter die Farngattung Paläopteris

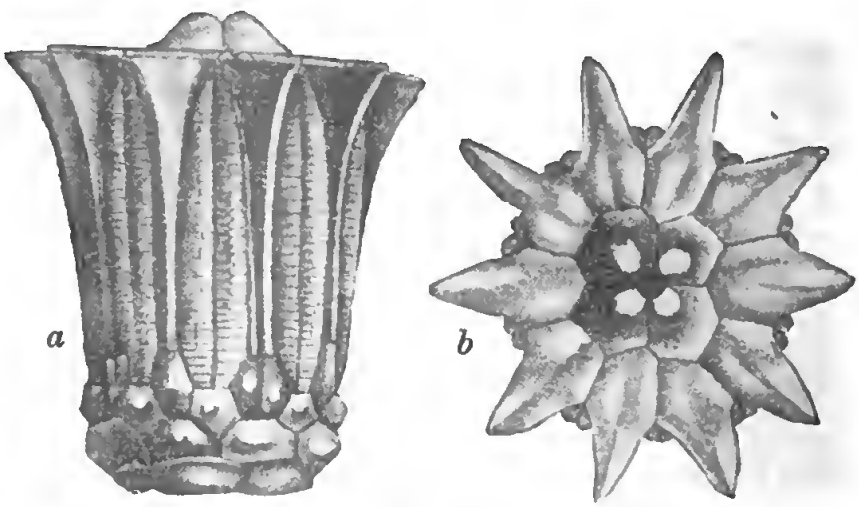


Abb. 91. Eucalyptocrinus rosaceus *Goldf.* a von der Seite, b von oben.

(Abb. 35), während die Fauna gegenüber derjenigen des vorgenannten Systems schon einen weiteren Schritt vorwärts getan hat. Zu reicher Entfaltung sind die Korallen gelangt, Heliolites, Favosites, Alveolites, Cyathophyllum (Abb. 86), Calceola (Abb. 87), Pleurodictyum (Abb. 88), dann die Krinoideen, Melocrinus (Abb. 89), Haplocrinus, Cupressocrinus (Abb. 90), Eucalyptocrinus (Abb. 91), ferner die

Brachiopoden, Productus, Stringocephalus (Abb. 92), Uncites (Abb. 93), Spirifer (Abb. 94), Atrypa, Rhynchonella. Von **Zweischalern** nennen wir Megalodon (Abb. 95), Pterinea, Grammysia (Abb. 96), von **Gastropoden** Macrochilus (Abb. 97) und Murchisonia, von **Cephalopoden**

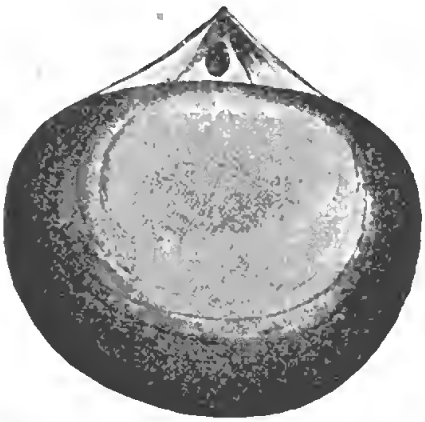


Abb. 92. Stringocephalus Burtini *Defr.*

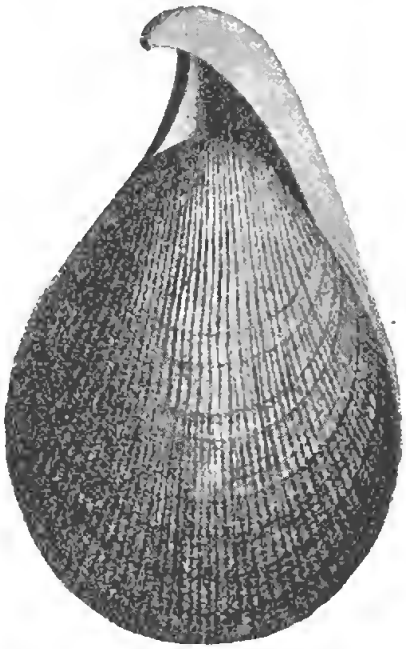


Abb. 93. Uncites gryphus *Defr.*

Gyroceras, Goniatites (Abb. 98), Clymenia (Abb. 99), von den **Trilobiten** die Genera Phacops (Abb. 100) und

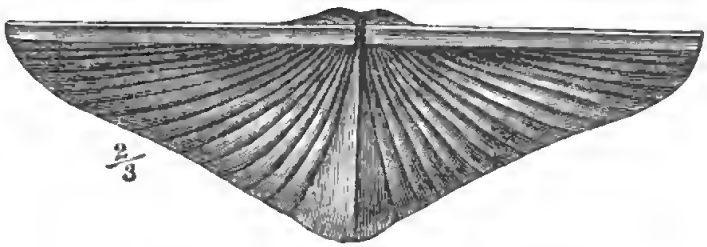


Abb. 94. Spirifer dunensis *Kayser.*

Homalonotus, von den **Schalenkrebsen** Entomis (Cypridina), von den **Vertebraten** endlich die eigentümlichen **Ganoidfische** Pterichthys (Abb. 101), Coccosteus und Cephalaspis.

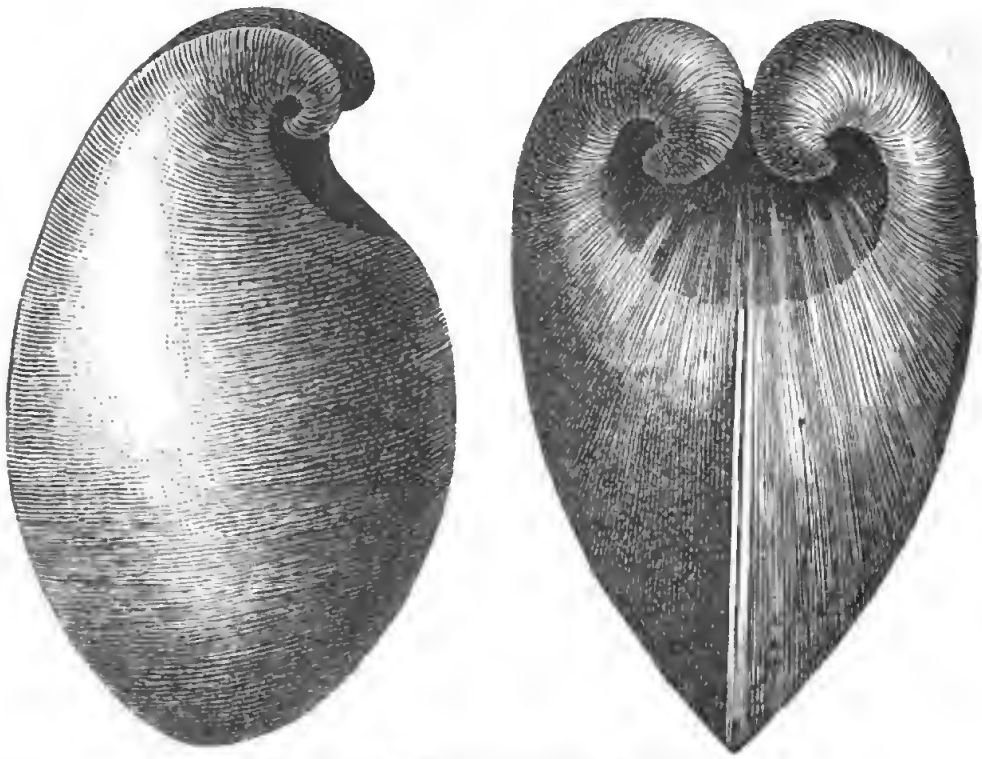


Abb. 95. Megalodon cucullatus *Goldf.*

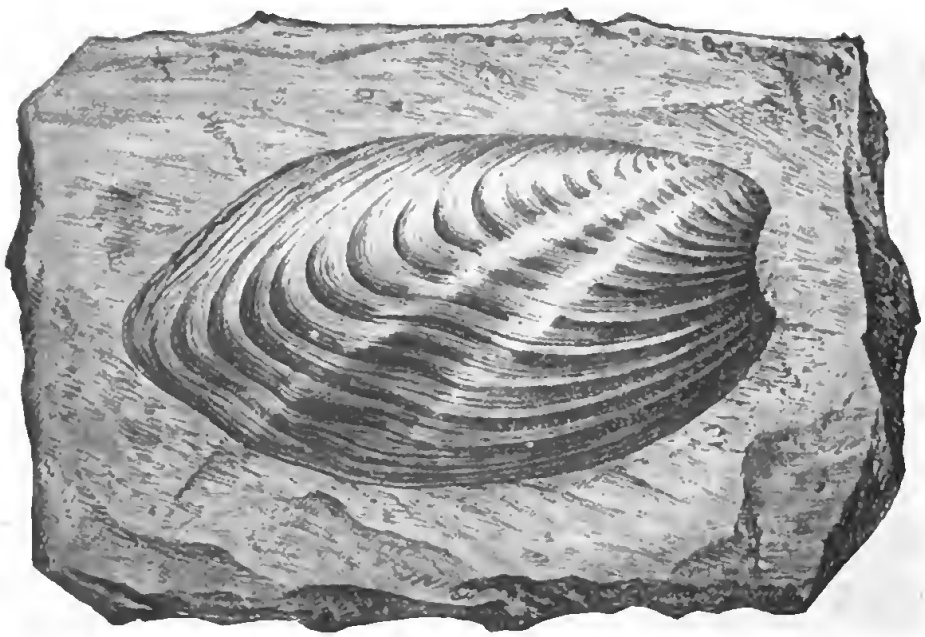


Abb. 96. Grammysia ovata *Sandb.*

Gliederung der devonischen Ablagerungen.

Man teilt die devonischen Gebilde in drei Hauptabteilungen ein, die man als Unterdevon, Mitteldevon und Oberdevon bezeichnet.

In Deutschland hat das devonische System zwei Gebiete größerer Verbreitung, so im Rheinland (rheinisches Schiefergebirge) und im Harz; entwickelt ist dasselbe ferner im südöstlichen Thüringen, im Vogtland und im Fichtelgebirge, dann in Schlesien (Ebersdorf, Oberkunzendorf).

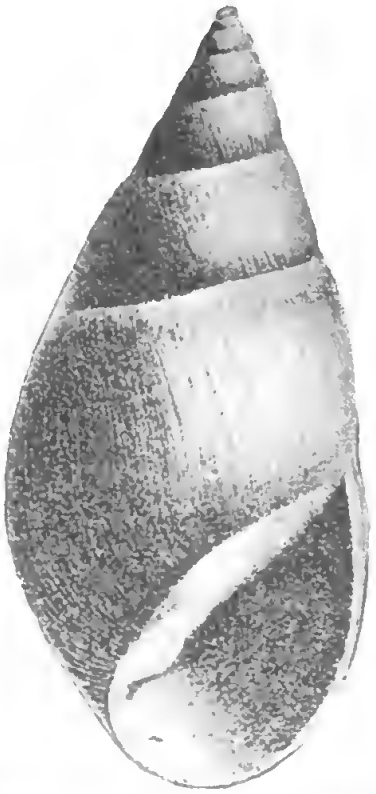


Abb. 97. Macrochilus arculatus *Phillips*.

Gliederung des devonischen Systems in Rheinland und Belgien (nach E. Kayser).

Unterdevon	Kristallinische Taunusschiefer Taunusquarzit | Siegener Hunsrückschiefer | Grauwacke Koblenzschichten.	
Mitteldevon	Mergel und Schiefer mit Calceola sandalina (Calceolaschichten), Kalk mit Stringocephalus Burtini (Stringocephalenkalk).	Wissenbacher und Lenneschiefer.
Oberdevon	Adorfer Goniatitenkalk und Iberger Kalk (Calcaire de Frasne) = Intumeszenzstufe Kaysers. Sandstein von Condroz, Schiefer der Famenne, Pönsandstein, Cypridinenschiefer, Clymeniakalk = Klymenienstufe Kaysers.	

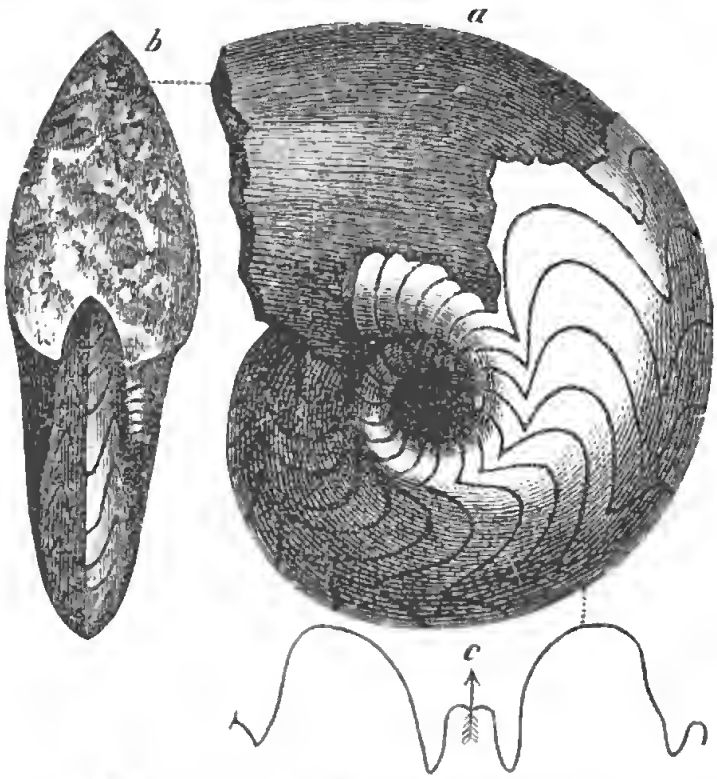


Abb. 98. Goniatites intumescens *Beyrich*.

Die kristallinischen Taunusschiefer werden vom Taunusquarzit überlagert, der u. a. Spirifer primaevus und Reusselaeria crassicosta führt. Diesen folgen die Hunsrückschiefer mit Phacops Ferdinandei, Homalonotus ornatus, Cryphaeus und noch andere Trilobiten, eine Bildung, die im Sieger Land und an verschiedenen Stellen des Rheinlandes durch die Siegener Grauwacke vertreten wird, deren Fauna Übereinstimmung mit derjenigen der beiden vorgenannten Bildungen

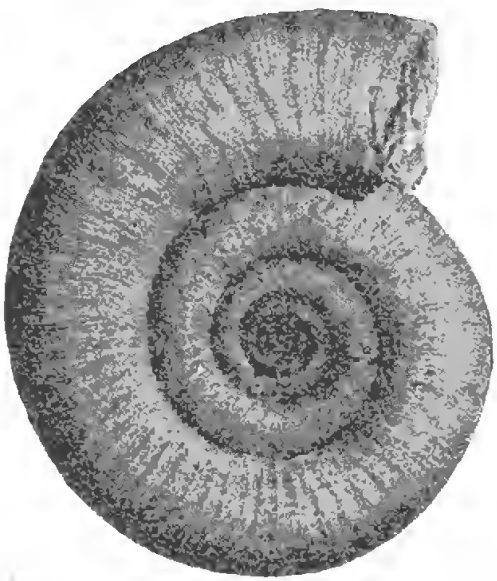


Abb. 99. Clymenia undulata *Münster*.

zeigt. Die Koblenzschichten oder der Spiriferensandstein zerfallen in die unteren Koblenzschichten

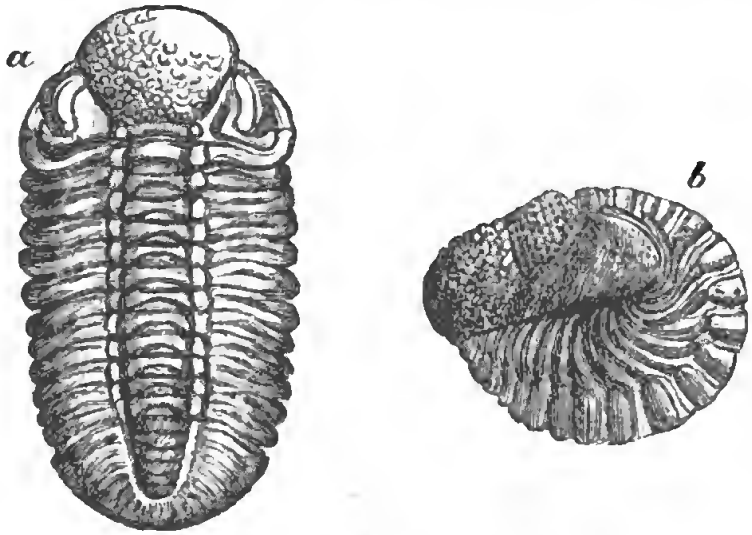


Abb. 100. Phacops latifrons *Burmstr.*

mit Strophemena laticosta und Homalonotus armatus und crassicauda, vorwiegend Grauwackengesteine umfassend, sowie in den Koblenzquarzit und schließlich in die oberen Koblenzschichten, welche Grauwackenschiefer mit Spirifer paradoxus, Ctenocrinus decadactylus, Homalonotus laevicauda usw.

Das Mitteldevon, vorwiegend eine kalkige Bildung, beginnt mit mergeligen Kalken und Schiefern, den Calceolaschichten, mit Calceola sandalina, vielen Brachiopoden, als Atrypa recticularis, Spirifer speciosus, Korallen usw., darüber folgt der Stringocephalenkalk mit Stringocephalus Burtini, Uncites gryphus, Macrochilus arculatus usw., ferner mit vielen

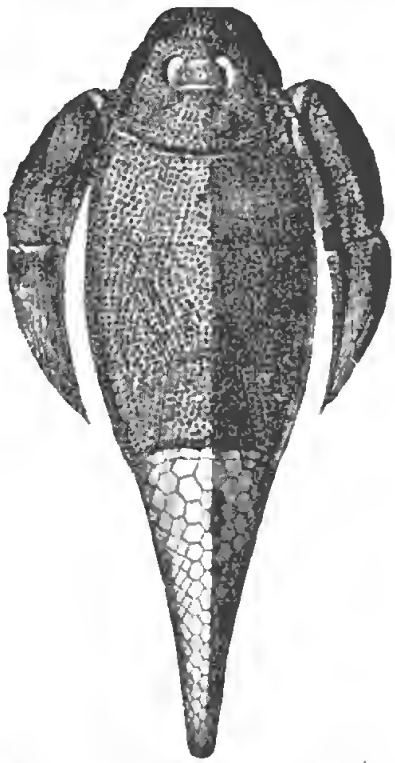


Abb. 101. Pterichthys cornutus *Ag.*

Krinoideen, als Cupressocrinus, Eucalyptocrinus usf. Im südlichen Westfalen und an der Lenne treten an Stelle der soeben genannten Bildungen sandigtonige Gesteine, dem Spiriferengestein sehr ähnlich, auf, die Lenneschiefer. In Nassau, bei Dillenburg, Wissenburg usw. ist das Mitteldevon in der Form von Ton- und Dachschiefern mit Kalk- und Quarzitenlagerungen ausgebildet, die Wissenbacher oder Orthocerasschiefer, oftmals mit verkiesten Fossilien, als Goniatites subnautilinus, G. gracilis und dergl. mehr.

Im Oberdevon finden wir zu unterst Kalke mit Brachiopoden (Rhynchonella cuboides, Spirifer Verneuili) oder auch dunkle kalkige Schiefer, den Flinz, schließlich auch, als förmliche Korallenrifkalke, die Iberger Kalke, nach einem Vorkommen im Oberharz so genannt. Auch die Adorfer Kalke, nach Adorf in Waldeck, gehören hierher. Das ältere Oberdevon bezeichnet man nach dem Vorschlage Kayſers auch als Intumeszensstufe, weil Goniatites intumescens darin eine wichtige Rolle als Leitfossil spielt. Die obere Stufe des Oberdevons wird gebildet von den Cypridinenschiefern (verschiedengefärbte Schiefer mit Entomis, früher Cypridina serratostriata), den Clymenienkalken, den Pönsandsteinen Westfalens usw. Kayser hat aber die jüngeren Bildungen des Oberdevons auch unter dem Namen Clymenienstufe zusammengefaßt. Zum Clymenienkalke gehören die Kramenzelkalke Dechens.

Gliederung des devonischen Systems im Harz.

Im Harz kennt man zwei Gebiete, in denen das Devon zur Entwicklung gelangte, nämlich im Ostharz und im westlichen Oberharz.

Im Ostharz gehören die als untere Wieder Schiefer bezeichneten Schichten mit den Kalklagern von Mägdeburg, Scheerenstieg, Zorge, Ilsenburg usw. mit der herzynischen Fauna (Pentamerus Sieberi, Platyceras acutum, Phacops fecundus, usf.), dann der Hauptquarzit zum Unterdevon, die Schiefer mit Goniatitis gracilis und die

Stringocephalus-Eisensteine, die an verschiedenen Orten abgebaut wurden und zum Teil noch werden (so bei Hüttenrode, Hartenberg usw.), und die Stringocephalus-Kalke zum Mitteldevon, die Korallenkalke von Rübeland, die Goniatitenkalke am Meiseberg, die Clymenia-kalke (am Büchenberg usw.) und die Cypridinenschiefer zum Oberdevon.

Abb. 102. Devonlandschaft: Grund im Harz, im Hintergrunde der Iberg.

Im westlichen Oberharz kommt das Devon vor
a) im südöstlichen Oberharz, dann
b) zwischen Ocker und Innerste,
c) am Iberg bei Grund.

Besonders wichtige Schichten sind der Spiriferensandstein, Calceolaschichten, Goslarer Schiefer, Stringocephalenkalke usw. Der Iberg und Winterberg bei Grund bestehen aus völlig ungeschichtetem Massenkalk, seinem Ursprung nach wesentlich ein Teil eines devonischen Korallenriffs (unteres Oberdevon; Abb. 102).

In der Grafschaft Glatz in Schlesien zeigt sich das devonische System als Iberger Kalk (Freiburg, Kunzendorf) und als Clymenienkalk (Ebersdorf). In den schon weiter oben erwähnten Gebieten Thüringens, des Vogtlands usw. sind besonders das mittlere und das obere Devon entwickelt (Goniatiten und Clymenienkalke, Cypridinenschiefer, Diabastuffe usw.). Auch aus den elsässischen Vogesen sind devonische Sedimente bekannt geworden (Calceolaschichten und unterdevonische Tonschiefer).

Allgemeine Verbreitung devonischer Ablagerungen. In England ist das Devon neben der typischen Entwickelung (Devonshire usw.; der Name des Systems stammt eben von Devonshire, woselbst man es zuerst erkannt hat) noch in der sogenannten Old red-sandstone-Fazies ausgebildet, und zwar besonders im südlichen Wales, in Schottland, den Orkneys usw. Hier treten viele tausend Fuß mächtige Sandstein- und Mergelbildungen auf, mit Einschaltungen von Dach- und bituminösen Schiefern, welche die weiter oben erwähnten sonderbaren Ganoidfische, große Krebse und auch etliche Landpflanzen führen. Man nimmt an, daß die Old red-sandstone-Bildungen des Devons in mächtigen Landseen und Lagunen abgelagert wurden, daß sie also Süßwasserbildungen darstellen. In derselben Fazies sind auch gewisse Devonbildungen der russischen Ostseeprovinzen und des arktischen Nordens (Grönland) entwickelt. Man kennt Devon ferner noch in Böhmen, die von Barrande zum Silur gerechneten Stufen F, G und H der böhmischen Silurmulde (siehe Abb. 84), die unter- und mitteldevonisches Alter besitzen, so die Kalke von Konieprus mit der herzynischen Fauna (siehe Seite 168), unterdevonisch, und der mitteldevonische Mneniankalk. Dann findet sich Devon in den Ostalpen, in Belgien, Frankreich, Spanien und Portugal, in mächtiger Entwickelung in Rußland, am Bosporus, in Nordamerika (Ohio, Neuyork, Kentucky, Indiana, Kanada usw.), in Asien (Altai, China), in Afrika (Kapland).

Eruptivgesteine, Erzgänge und für die Benutzbarkeit wertvolle Gesteinsarten im Devon.

Vor allen anderen Eruptivgesteinen sind hier die Diabase zu nennen, die mit ihren Tuffen, Schalsteinen und Bombenanhäufungen als Einlagerungen in den devonischen Schichten eine große Rolle spielen. Die Schalsteine sind vielfach versteinerungsführend.

Solche Diabasvorkommnisse finden sich u. a. in Deutschland im Rheinischen Schiefergebirge, nach R. Brauns besonders im Mittel- und im Oberdevon als Decken, Lager und Gänge, erstere an der Lahn und Dill, letztere im Lennegebiet in großer Entwicklung. Am Schlusse des Oberdevons fanden hier großartige Deckenergüsse von Diabas statt, mit deutlich erkennbaren Merkmalen des Oberflächenergusses (mit tauartigen Wülsten bedeckte ursprüngliche Stromoberfläche, glasige Rinde). Diese Diabase sind sehr oft begleitet von mächtigen Hanfwerken nuß- bis kopfgroßer Bomben. Dann kennt man Diabase noch im Harz, im Vogtlande usw.

Die Roteisenerze von Brilon in Westfalen, Wetzlar, Weilburg, Dillenburg, im Rheinlande, Zorge, Rübeland, im Harz usw. sind zum Teil Anlaß einer blühenden Eisenindustrie geworden. Im Kontakt mit Deckdiabasen sind diese Erze vielfach in Magneteisenstein umgewandelt worden. Sie sind also älter als die Diabase. Auch Brauneisensteine finden sich mit dem Roteisenstein zusammen vor, ferner sind im Devon der Dill- und Lahngegend Phosphorite entwickelt, als linsenförmige Einlagerungen. Im Siegener Lande (Müsen) treten Spateisensteingänge, etwa 20 bis 30 m mächtig, auf, Kupfererzgänge und Bleiglanz im Dillenburgischen, Kupfer und Zinn in Cornwall usw.

Die Schichten des Oberharzes werden durch ein System von Störungslinien, den eigentlichen Spaltenverwerfungen, in einzelne Schollen aufgelöst, auf deren Klüften alsdann in manchen Fällen Erze zur Ablagerung gelangten, das Oberharzer Gangnetz. Der Hauptsache

nach sind es generell ostwestlich (hor. 7 bis 9) streichende Spalten, daneben finden sich in geringerem Maße noch andere (nordsüdliche usw.). Die Entstehung dieser Gangspalten dürfte wohl in die oberkarbonische Zeit fallen; dieselben sind aber im Verlauf der geologischen Perioden zu wiederholten Malen von neuem aufgerissen worden. Neben diesen Spaltenverwerfungen tritt noch ein Verwerfungssystem auf, Faltenverwerfungen oder Ruscheln, mit taubem Gestein erfüllte Gesteinsklüfte, die nur ganz vereinzelt Erze und Gangmineralien zeigen. Für die Gestaltung des Harzgebirges sind sie nicht weniger wichtig gewesen als die Spaltenverwerfungen, in ökonomischer Hinsicht sind jedoch nur die letzteren von Wert.

Auf ihren Klüften haben sich gediegen Silber, verschiedene Silbererze, silberhaltiger Bleiglanz (0,01 bis 0,3 %), Zinkblende, Antimon und Arsenerze, Kupferkies, etwas Gersdorffit (NiSAs), Selenerze usw. abgesetzt, mit Quarz, Schwerspat, Kalkspat, diversen Zeolithen usw. als Gangarten (Klausthal, St. Andreasberg, hier mehr die silberreichen Bleiglanze und Silbererze, auch die Zinkblende, bei Lauterberg besonders Kupferkiese, am Rammelsberg Kiese, als Kupfer- und Schwefelkies, nach oben zu vermittelst der melierten Erze in eigentliche Bleierze übergehend).

Der Roteisensteinvorkommnisse im Harz ist schon weiter oben Erwähnung getan worden. Am Iberg und Winterberg bei Grund hat im Laufe der geologischen Perioden eine partielle Umwandlung des Kalksteins in Spateisenstein stattgefunden. Die Eisenerze waren die Veranlassung eines lange bestandenen, auch in historischer Beziehung interessanten Bergbaues, der heutzutage aufgelassen ist. Das Eisen von Grund-Gittelde (am letzteren Orte standen besonders die Eisenhütten) galt als das beste und geschmeidigste Niedersachsens.

Der Bergbau im Oberharz reicht mit seinen Anfängen in die Zeit des Kaisers Otto des Großen hinein (Rammelsberg bei Goslar), entwickelte sich allmählich bis zur Mitte des 14. Jahrhunderts, kam aber alsdann, wohl infolge des

Wütens des schwarzen Todes, zum Erliegen, um zu Ende des 15. resp. zu Beginn des 16. Jahrhunderts wieder zur Entfaltung zu gelangen. Trotz der mannigfachen Wirren, deren Schauplatz das Harzgebirge seither gewesen ist, hat sich der Oberharzer Bergbau zu immer größerer Blüte emporgeschwungen. Seine Wasserwirtschaft (Benutzung der Wasserkraft zu seinem Betrieb) steht in der Welt einzig und als Muster da.

Als besonders wertvolle Gesteine der devonischen Sedimente nennen wir die Dachschiefer von Kaub am Rhein und von Wissenbach in Nassau, die Marmorarten Nassaus, des Harzes und Fichtelgebirges, ferner der Pyrenäen (der oberdevonische Marbre griotte).

Die Lagerungsverhältnisse des devonischen Systems sind vielfach gestörte und verworfene. Faltungen und Verwerfungen der Schichten treten sehr häufig auf, wie z. B. das vorstehende Profil (Abb. 103), die Lagerungsverhältnisse der devonischen Schichten zwischen Aachen und dem Hohen Venn darstellend, zeigt.

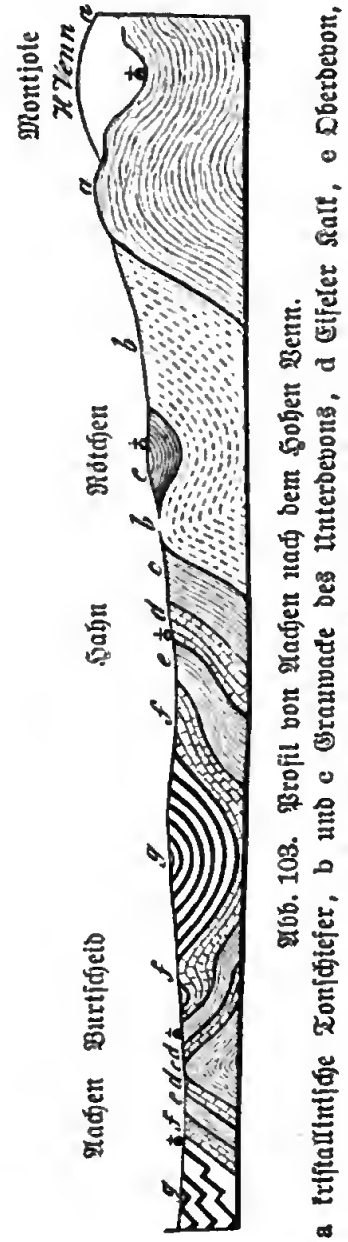


Abb. 103. Profil von Aachen nach dem Hohen Venn.
a kristallinische Tonschiefer, b und c Grauwacke des Unterdevons, d Eifeler Kalk, e Oberdevon, f Kohlenkalk, g oberes produktives Karbon.

Das karbonische System.

Die Gesteine dieser Schichtenreihe sind meist Konglomerate, Sandsteine, Grauwacken, Schiefertone und Kieselschiefer. Daneben spielen aber die Kohlengesteine, denen das System seinen Namen verdankt, eine sehr wichtige Rolle.

Abb. 104. Sphenopteris obtusiloba *Brongn.*

Abb. 105.
Fieberchen von Sphenopteris obtusiloba *Brongn.*, vergrößert.

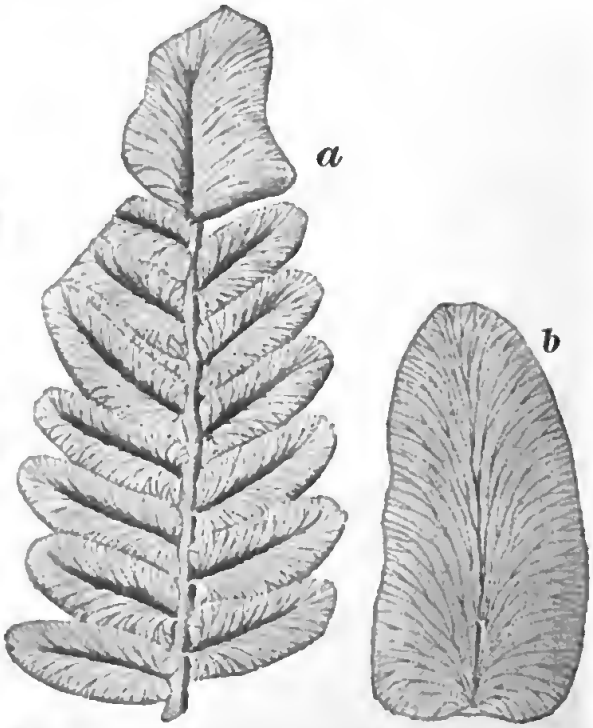


Abb. 106. Alethopteris. b vergrößertes Fieberchen.

Die Flora des Karbons, fast ausschließlich nur aus Landpflanzen bestehend, ist sehr reich an Überresten von Baumfarnen, so die Genera Sphenopteris (Abb. 104 und 105), Alethopteris (Abb. 106), Neuropteris (Abb. 107), Odontopteris (Abb. 108), Pecopteris, an Lykopodiazeen, Lepidodendron (Abb. 109 und 110), Ulodendron, Sigillaria (Abb. 111 und 112), Stigmaria (Wurzelstöcke dieser

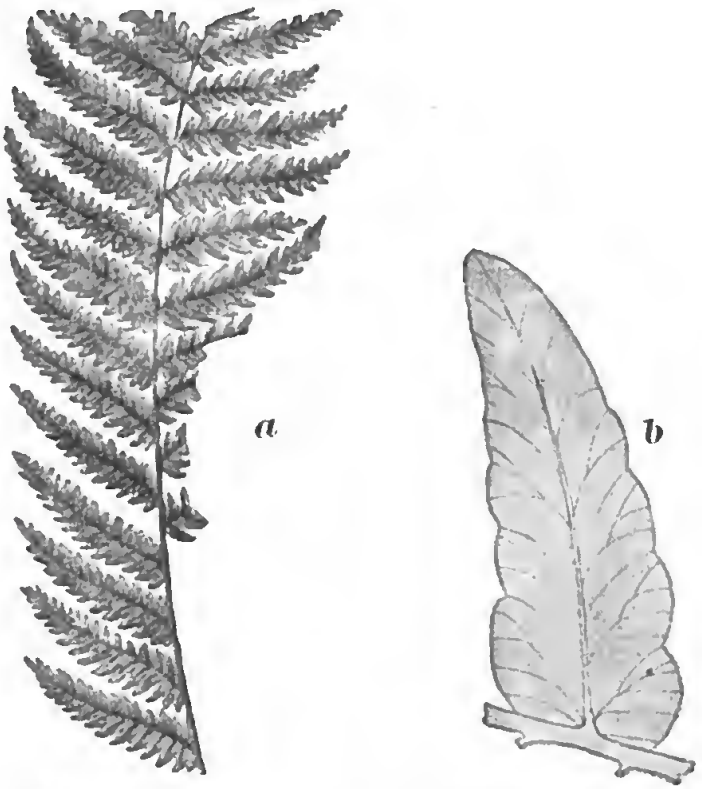


Abb. 107. Neuropteris. b vergrößertes Fiederchen.

genannten Pflanzen, Abb. 113), dann Calamites, Annularia (Abb. 114), Sphenophyllum (Abb. 115), Noeggerathia (Abb. 116), Cordaites, Araucarites.

Die Fauna der Steinkohlenperiode steht an Mannigfaltigkeit ihrer Arten hinter der Flora jener Zeit nicht zurück. Von Foraminiferen nennen wir Fusulina (Abb. 117) und Schwagerina, gesteinsbildende Formen von Korallen, Amplexus, Chaetetes, Lithostrotion, Michelinia, von

Echinodermen die intereſſante Cyſtideengattung Pentremites (Abb. 118) und das Echinidengenus Archaeocidais, von Brachiopoden Productus, Spirifer (Abb. 119), Athyris, Rhynchonella, auch Terebratula, von Zweiſchalern Posidonomya (Abb. 120), Aviculopecten und Anthracosia (Abb. 121), von Schnecken Bellerophon (Abb. 122) und

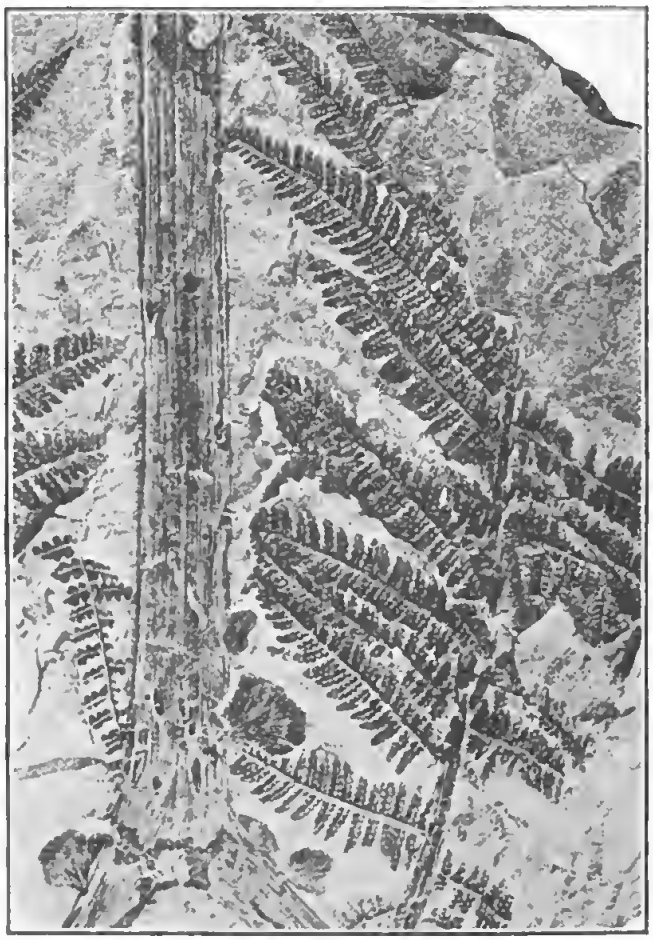


Abb. 108. Odontopteris Coemansi *Andrae*. Nach Potonié.

Pupa, von Cephalopoden Goniatites, Nautilus und Orthoceras, von den Gliedertieren die Trilobitengattung Phillipsia und die Schalenkrebſe Estheria und Leaia (Abb. 123), ferner Spinnen, Skorpione, Eoscorpius (Abb. 124), vielerlei ſonderbare Inſekten, dann Fiſche, als Ctena-

canthus und Psammodus, schließlich Amphibien, als Dendrerpeton und Branchiosaurus.

Abb. 109. Lepidodendron elegans *Brongn.* Beblätterter Zweig.

Gliederung der karbonischen Bildungen.

Wir kennen zweierlei Fazies der karbonischen Sedimente, nämlich eine rein marine, die einerseits wieder pelagischen Ursprungs und kalkiger Natur sein kann, der Kohlenkalk, oder die in sandigschiefriger Ausbildung entwickelt ist, und eine teilweise litorale, jedoch partiell auch pelagische Ablagerung, den Kulm, darstellt, sodann eine terrestrische, wohl in Sümpfen und Süßwasserbecken entstandene Bildung, das produktive Steinkohlengebirge.

	Terrestrische Bildungen	Marine Bildungen	
Oberes Karbon	Oberes produktives Steinkohlengebirge	Oberer Kohlenkalk oder Fusulinakalk	
		litoral	pelagisch
Unteres Karbon	Unteres produktives Steinkohlengebirge Kohlenkulm	Kulm	Unterer Kohlenkalk

Wie man aus der vorstehenden Tabelle ersieht, ist das Steinkohlensystem aus zwei Abteilungen, dem Unterkarbon und dem Oberkarbon, aufgebaut. Die rein pelagischen

Sedimente gehören beiden Abteilungen an; im oberen Kohlenkalk treten Fusulina und mit ihr verwandte Formen gebirgsbildend auf, die Fusulinakalke (Rußland, Ural, Süd- und Ostasien, Nordamerika usw.); als Leitfossil für Europa mag Productus giganteus *Sow.* gelten. Der Kulm,

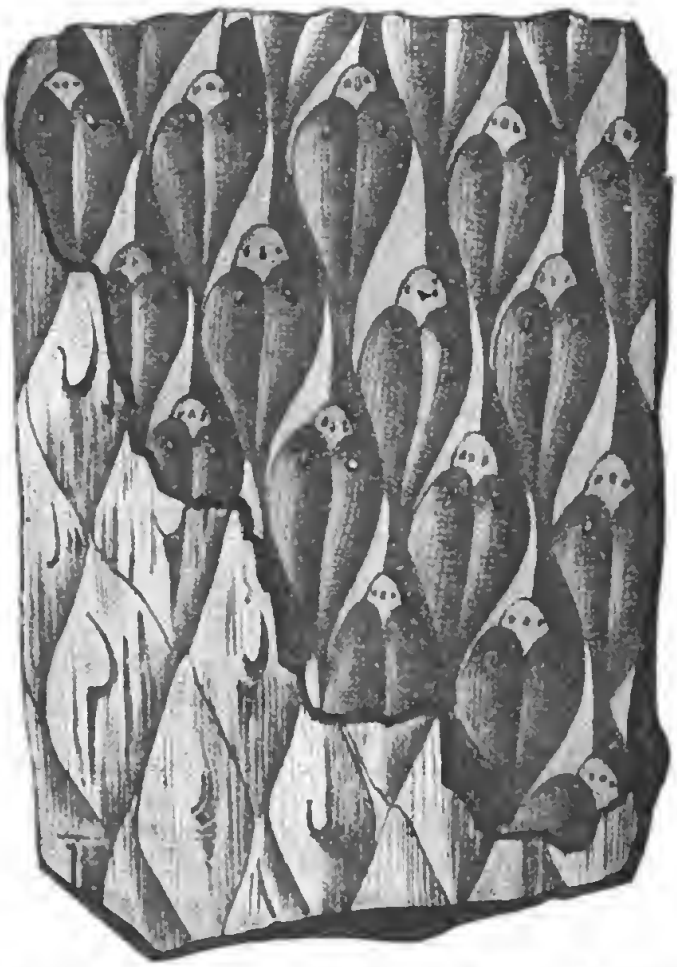


Abb. 110. Lepidodendron Sternbergii *Brongn.* Stammstück.

mit reicher Fauna (Leitform Posidonomya Becheri *Brongn.* Abb. 89) und eingeschwemmten Landpflanzen, findet sich nur im Unterkarbon. Die terrestrischen Bildungen des Unterkarbons, meist grobe Konglomerate, Sandsteine, Schiefertone usw. mit lokal eingelagerten Kohlenflözen, bezeichnet man auch als Kohlenkulm. Sowohl diese Sedi-

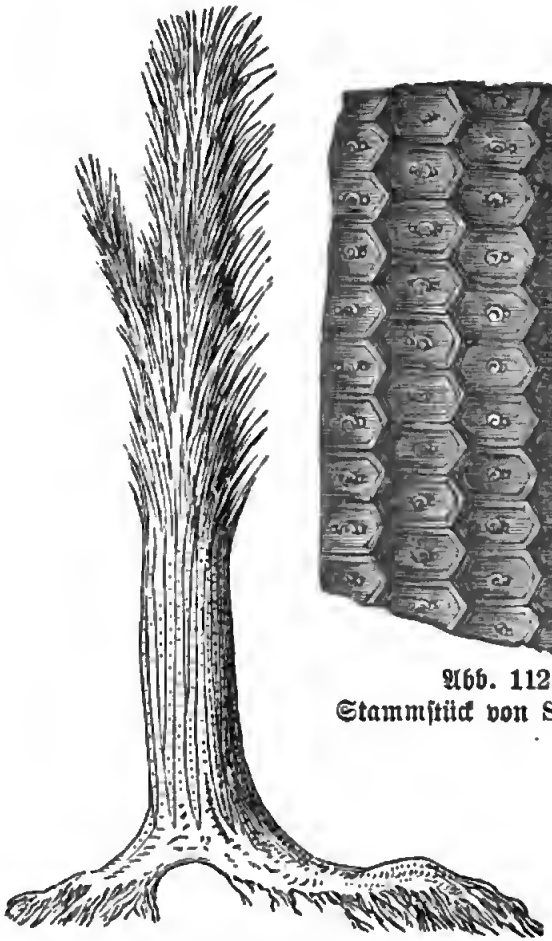


Abb. 111. Sigillaria Browni *Daws.* (reſtauriert).

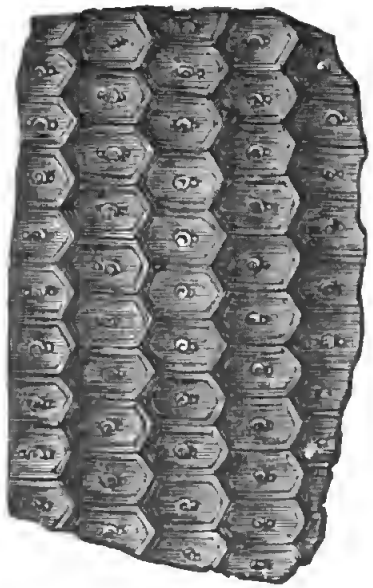


Abb. 112.
Stammſtück von Sigillaria.

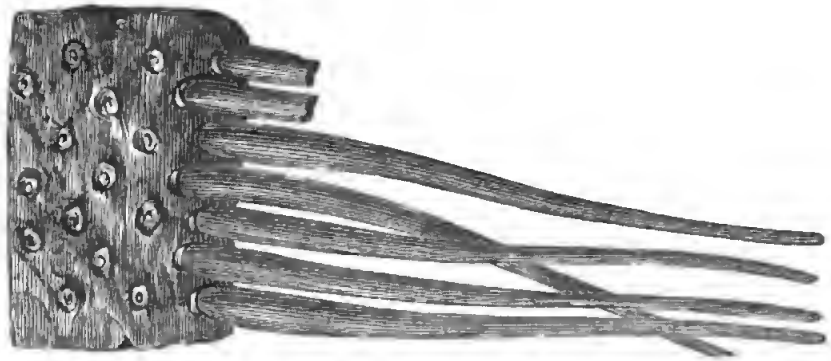


Abb. 113. Stigmaria ficoides *Sternberg.*

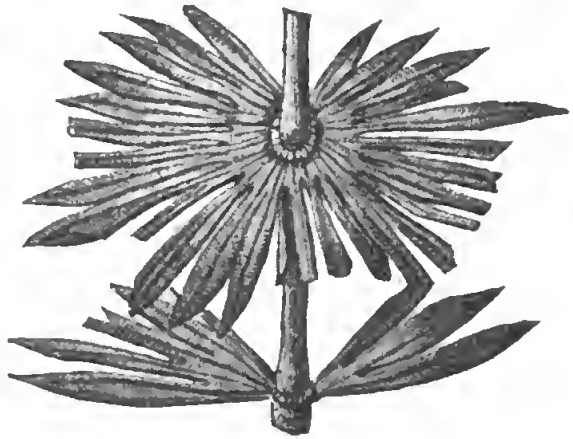


Abb. 114.
Annularia stellata *Schlt.*

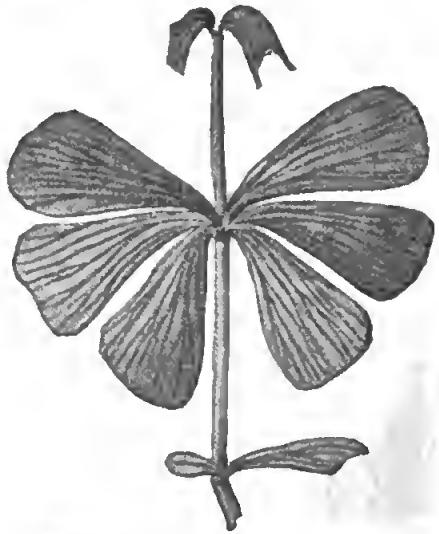


Abb. 115. Sphenophyllum verticillatum *Germ.*

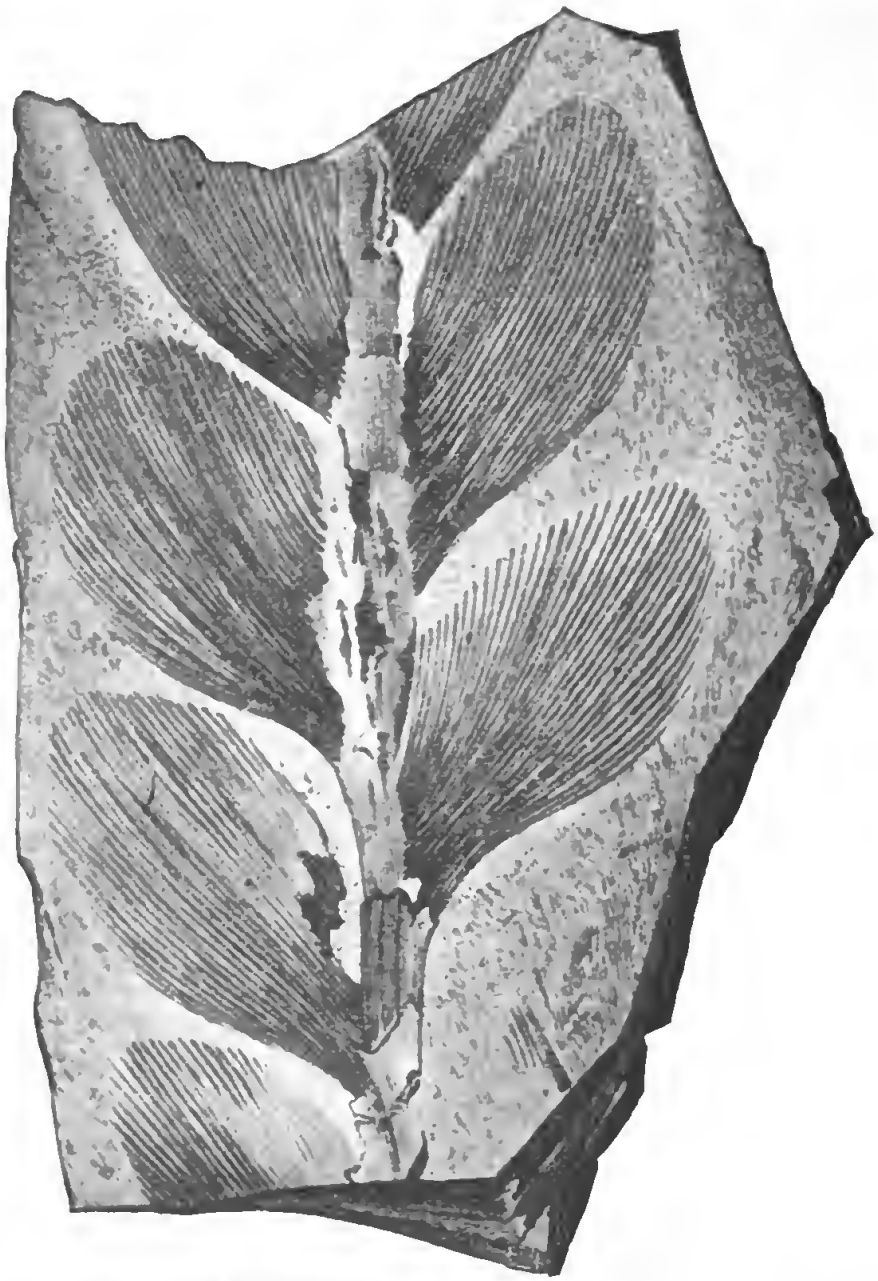


Abb. 116. Noeggerathia foliosa *Stbg.*

Abb. 117. Fusulina cylindrica *Fischer*. Natürliche Größe und vergrößert.

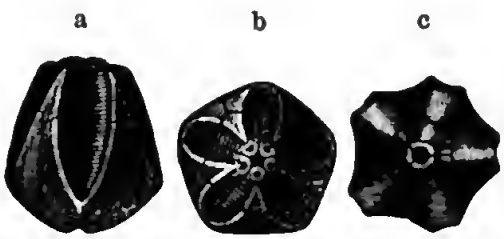


Abb. 118. Pentremites Godoni *Defr. sp.* a von der Seite, b von oben, c von unten.

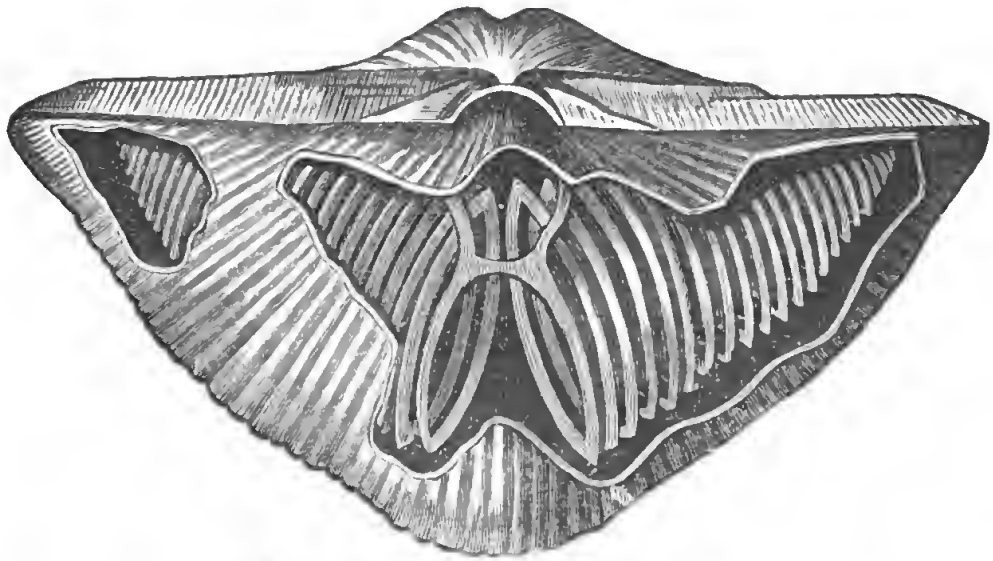


Abb. 119. Spirifer striatus *Mart. sp.*

Abb. 120. Posidonomya Becheri *Br.*

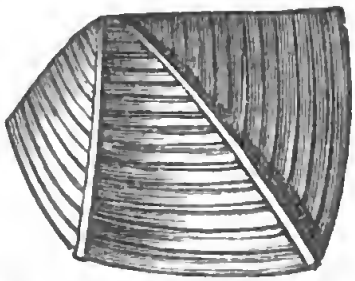


Abb. 123. Leaia Leidyi *Jones.*

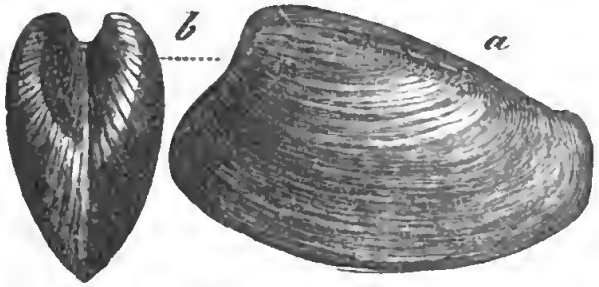


Abb. 121. Anthracosia acuta *King.* a von der Seite, b Ansicht eines Steinkerns im Profil.

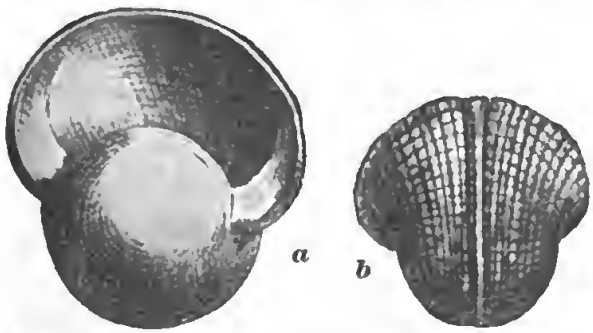


Abb. 122. a Bellerophon tenuifascia *Sow.*, von vorn, b Bellerophon decussatus *Flem.*, von hinten.

Abb. 124. Eoscorpius glaber *Peach.*

mente als auch diejenigen der oberen produktiven Steinkohlenbildungen zeigen manchmal Einlagerungen von Kalkbänken mit mariner Fauna, analog derjenigen des pelagischen Kohlenkalks. Das Unterkarbon schließt nach oben mit einer Sandsteinbildung ab, dem flözleeren Sandsteine, auch als obere Kulmgrauwacke bezeichnet, der Millstonegrit der Engländer, aus der sich dann allmählich die obere Abteilung des Karbons entwickelt. Da, wo die untere Abteilung des Karbons fehlt und nur die obere entwickelt ist, bildet dieser flözleere Sandstein stets oder meistens die Unterlage der Glieder der oberen Abteilung.

Gliederung des oberen, produktiven Karbons in Böhmen, Sachsen, Schlesien und an der Saar, nach E. Weiß.

Bezeichnung	Böhmen, Sachsen, Schlesien	Saargegend
Kalamarien- und Farnstufe	Radowenzer Schichten	Ottweiler Schichten
Sigillarienstufe	Schatzlarer Schichten	Saarbrücker Schichten
Sagenarien- (Lepidodendren-)Stufe	Waldenburger und Ostrauer Schichten	

Die Verbreitung des Steinkohlensystems in Deutschland.

Schlesien. Niederschlesisches oder Waldenburger und oberschlesisches oder Ostrauer Becken, ostwärts nach Polen, westwärts nach Böhmen und Mähren sich fortsetzend. Zu unterst Kohlenkalk und Kulm, letzterer reich an sehr guter Kohle, dann folgt das Oberkarbon, ebenfalls mit mächtigen Kohlenflözen (Xaverifloz in Oberschlesien mit 16 m Mächtigkeit).

Sachsen. Zwickauer Mulde, um Zwickau, Lugauer Mulde, bei Lugau, und Potschappeler Mulde zwischen

Dresden und Tharand, alle dem Oberkarbon angehörig, dagegen die Schichten von Hainichen und Ebersdorf dem Kulm.

Pfälzisch-saarbrückisches Becken, ebenfalls oberkarbonisch, Flächenraum etwa 300 qkm, die Gegend zwischen Saarbrücken, Saarlouis, Ottweiler und Bexbach umfassend, Gesamtmächtigkeit etwa 2800 m, 82 abbauwürdige Flöze mit zusammen 77,6 m Kohlenmächtigkeit.

Westfälisches oder Ruhrrevier, mit einem mächtigen Schichtenkomplex von flözleerem Sandstein beginnend, 2000 qkm Flächenraum bedeckend, 90 bauwürdige Kohlenflöze mit 96 m Kohlenmächtigkeit enthaltend, in vier große von W.-S.-W. nach O.-N.-O. streichende flache Mulden, die Wittener, Bochumer, Essener und Duisburg-Oberhausener Mulde, zerfallend.

Steinkohlenbildungen finden sich dann noch in Deutschland im Rheintal (Berghaupten bei Offenburg in Baden, obere Abteilung; Thann und Niederburbach in den Vogesen, hier Kulm), im nordwestlichen Harze, in Nassau, im Fichtelgebirge, in Thüringen (Kulm), schließlich auch noch im Wormgebiete (Aachen-Eschweiler) mit einer unteren, flözarmen und einer oberen, flözreichen Abteilung.

Weitere Verbreitung des Steinkohlensystems. In Böhmen (Radnitz) und Mähren (Brünn), in Rußland in gewaltiger Entwickelung, und zwar Kohlenkalk von Moskau bis zum Eismeer, oberes, produktives Karbon mit vielen Flözen am Donetz und am Westfuß des Urals. Ferner in Frankreich, und zwar mit Flözen im Norden und im Loirebassin (St. Etienne), auch bei Autun und Creuzot, in den Alpen, dann auf den britischen Inseln, teils oberes, teils unteres Karbon, so bei Newcastle und Durham, in Lancashire, Yorkshire, Nottingham-, Derby-, in Staffordshire, in Wales, in Schottland und in Irland, hier viel Kohlenkalk, in Belgien, mit vielen Flözen, in Nordamerika, hier die Illinois-,

Missouri-, Michigan-, neuschottischen Kohlenfelder, in China, Schantung, auf Formosa, in Japan, in Indien, in Australien, in Südafrika, im arktischen Norden, als in Spitzbergen usw.

Die Lagerungsformen des Steinkohlengebirges sind vielfach gestörte, und nur wenige Schichten dieses Systems befinden sich noch in ihrer ursprünglichen Lage. Meist bilden diese Sedimente zahllose Mulden und Sättel, sie sind vielfach

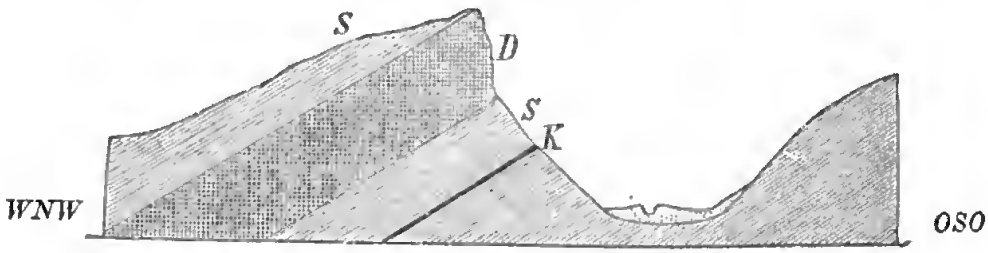


Abb. 125. Profil durch den Remigiusberg bei Kusel. Nach A. Leppla. S Sandstein der Ottweiler Schichten, K Steinkohlenflöz, D Diabasporphyrit.

geknickt, verworfen, verbogen usw. Namentlich gehören außer den erwähnten Bildungen von Mulden und Sätteln im Kohlengebirge noch mehr oder minder große Verwerfungen zu den allerhäufigsten Erscheinungen.

Die Eruptivgesteine des karbonischen Systems sind meist Quarzporphyre, Diabase, Diabasporphyrite und Melaphyre, welche Gänge und Decken in dessen Schichten bilden. Ein schönes Beispiel für solche deckenartige Ausbreitung von Diabas in diesen Sedimenten liefert das vorstehende Profil des Remigiusberges bei Kusel (Abb. 125).

Nutzbare Mineralien des karbonischen Systems.

Dahin gehören vor allem die Steinkohlen, über deren Auftreten, Bildungsweise usw. schon das Nötige gesagt worden ist. Eng verbunden mit den Kohlengesteinen ist der Toneisenstein, zwischen dem, wenn er mehr oder weniger Kohle in sich aufnimmt, und dem Kohleneisenstein, einem innigen Gemenge von Kohle und Eisenerz,

allerlei Übergänge bestehen. Im Oberharz finden sich Bleiglanzgänge karbonischen Alters, bei Aachen und in Belgien Lagerstätten von Bleiglanz und Zink, die dem Alter nach hierher gehören. Bleierzlagerstätten karbonischen Alters kommen ferner in England und in Nordamerika vor, ebenso zuweilen Asphalt (Neubraunschweig).

Kohlenerzeugung der einzelnen Länder der Erde im Jahre 1845 und im Jahre 1899

(nach der Zeitschrift für praktische Geologie, 1901).

	in 1000 t	
	1845	1899
Großbritannien (mit den Kolonien . . .	31500	220000
Belgien	4960	21000
Vereinigte Staaten von Nordamerika . .	4400	226000
Frankreich	4141	32000
Deutschland	3500	101000
Andere Länder	1700	50000
Summa	50200	650000

Deutschlands Kohlenförderung in Tonnen.

	Steinkohle:	Braunkohle:
1899 =	101639753	34204666
1900 =	109290237	40498019
1901 =	108539444	44479970
1902 =	107437681	44505025.

Für 1902 Verteilung der produzierten Steinkohle:

Preußen

Oberbergamtsbezirke	Dortmund	=	2904907
	Halle	=	9864
	Klausthal	=	824319
	Dortmund	=	58087641
	Bonn	=	12326798
		=	100260529

Vom übrigen der größere Teil auf

Sachsen	= 4615745
Bayern	= 1232759
Thüringische Staaten	= 4624
Reichsland	= 1324024

Frech hat berechnet, wann unser Steinkohlenlager voraussichtlich erschöpft sein würden. (Z. pr. G. 1902 S. 174).

Er unterschied 4 Perioden der voraussichtlichen Förderungsdauer:

1. 100—200 Jahre: Zentralfrankreich (100 Jahre). Zentralböhmen. Sachsen u. Provinz Sachsen (hier die Flöze schon beinahe jetzt erschöpft). Nordenglische Reviere m. Durham u. Northumberland.
2. 200—400 Jahre: Die übr. englischen Kohlenfelder (250—350 Jahre). Waldenburger u. Schatzlarer Rev. (200—300 Jahre). Nordfrankreich (350—400 J.).
3. 600—700 Jahre: Aachener Mulde, Ruhr, Saarbrücken.
4. mehr als 1000 J.: Oberschlesien (etwa 5000 m Steinkohlenmächtigkeit), Russisch-Polen und Mähren.

Die Bildung der Steinkohlenflöze. Daß die Steinkohle aus Pflanzensubstanz gebildet worden ist, ist wohl außer Zweifel. Dies wird durch die verschiedensten Umstände bewiesen, unter anderem dadurch, daß in der Kohle selbst die Form der Pflanzen, aus den sie hervorging, vorhanden ist, daß die die Kohlenflöze begleitenden Gesteine oftmals förmlich angefüllt sind mit Pflanzenabdrücken, und auch in der Kohle vielfach noch die Strukturverhältnisse der Pflanzen, denen sie ihre Bildung verdankt, erhalten sind, manchmal

sogar bis ins kleinste Detail. Meist sind es nur Land- und Sumpfpflanzen, welche die Kohle bildeten, und nur in wenig Ausnahmefällen marine. Während man früher der Ansicht gewesen ist, die Kohlenlager seien nur aus zusammengeschwemmten Pflanzenresten entstanden (allochthone Kohlenlager), können heutzutage wohl kaum mehr Zweifel darüber obwalten, daß sehr viele Kohlenflöze sich noch auf derselben Stelle finden, woselbst einst die Pflanzen, aus denen sie entstanden sind, wuchsen (autochthone Kohlenlager). Das geht unter anderem aus der so vorzüglichen Erhaltung der Farnwedel, aus der meilenweiten, gleichmäßigen Erstreckung der Kohlenlager und aus dem Umstande hervor, daß im Liegenden der Steinkohlenflöze sich oftmals noch die Überreste der Wurzeln derjenigen Pflanzen finden, deren Stämme und Zweige die Kohle gebildet haben, ja daß man sogar noch aufrechtstehende Stämme im Zusammenhange mit ihren Wurzeln in gewissen Kohlenablagerungen nachweisen konnte. Aus der allgemeinen Verbreitung der Steinkohlenbildungen-Formation erhellt des weiteren, daß das Klima jener Zeit ein heißfeuchtes, tropisches gewesen ist und in jener Epoche in einem großen Teile der Erdoberfläche gleichmäßig vorherrschte. Es ist ferner zu bemerken, daß die Bildung der vielen und manchmal so sehr mächtigen Kohlenflöze große Zeiträume erfordert haben muß. Die oftmals wiederkehrende Wechsellagerung von Kohlenflözen und Schiefertonen, Sandsteinen, ja sogar mit Kohlenkalkablagerung mit mariner Fauna kann nur durch die Annahme mehrfacher Überschwemmungen der niedrig gelegenen Lagunen und Süßwassertümpel, in denen die Pflanzen jener Periode wuchsen, erklärt werden.

Das permische System (Dyas).

Der Name Dyas bezieht sich auf den Umstand, daß die Ablagerungen dieses Systems in Deutschland in zwei getrennte und sehr verschiedene, meist aber zusammen vorkommende

Abteilungen zerfallen, in das Rotliegende, zu unterst, und in die Zechsteingruppe, zu oberst. Die Bezeichnung „permisches System" oder Perm wurde den hierher gehörigen Schichten nach dem Gouvernement Perm in Rußland gegeben, woselbst diese letztere große Verbreitung besitzen.

Die Gesteine der Dyas.

Die untere Abteilung besteht meist aus Konglomeraten und Sandsteinen, Schiefertonen und Schieferletten, Tonen und auch aus Kalksteinen. Unter den Konglomeraten walten die grauen und die roten Konglomerate, die Porphyrkonglomerate und Porphyrbreccien besonders vor.

Abb. 126. Callipteris conferta *Brongt.*

In der oberen Abteilung herrschen Kalksteine, Dolomite, bituminöse Mergelschiefer, Kupferschiefer, Gips und Sandsteine, auch Konglomerate vor. Der Kupferschiefer ist ein bituminöser Mergelschiefer, worin Kupfererze, ganz speziell Kupferkies, Kupferglanz und Buntkupfererz, auch Bitumen fein verteilt sind. Es finden sich jedoch noch andere Erze und gediegene Silber in demselben.

Die Flora besteht meist aus Landpflanzen, zum Teil noch aus denselben Arten wie die der produktiven Steinkohlenbildungen. Es kommen noch wenige Kalamiten vor, dann Farne, Cycadeen und Koniferen. Von Farnen nennen wir als besonders wichtig die Gattungen Callipteris (Callipteris conferta, Abb. 126) und Pecopteris, dann die verkieselten Farnstämme (Psaronius, Madensteine, Starsteine, Abb. 127).

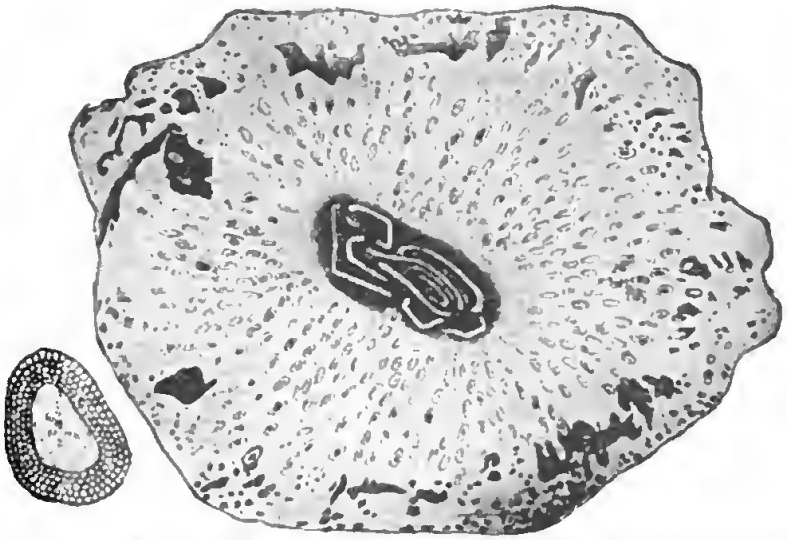


Abb. 127. Psaronius Cordai *Cotta*. Querſchnitt. Links Durchſchnitt durch eine Adventivwurzel der Rinde.

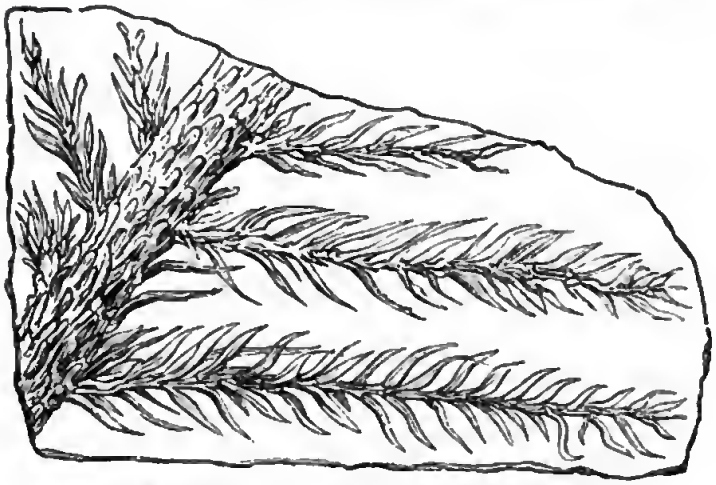


Abb. 128. Walchia piniformis *Sternb.*

Abb. 129. Zweigende von Ullmannia Bronni *Göpp.*

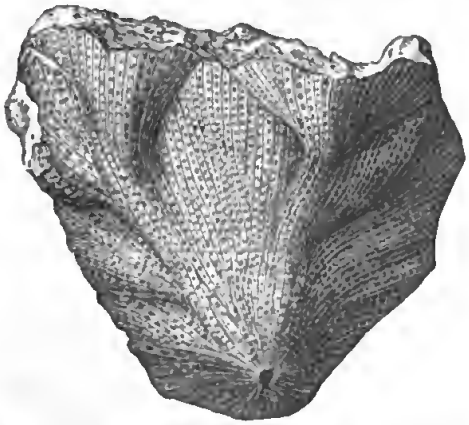


Abb. 130. Fenestello retiformis *Schloth.*

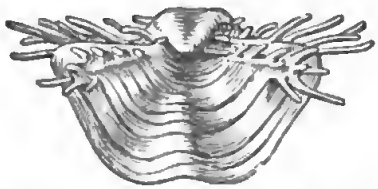


Abb. 131. Productus horridus *Sow.*

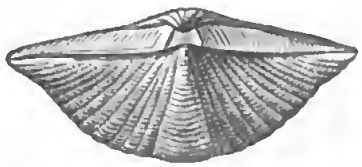


Abb. 132. Spirifer undulatus *Sow.*

Von Koniferen sind besonders zu erwähnen Walchia piniformis (Abb. 128) und die Zweige und Früchte von Ullmannia Bronni (Frankenberger Kornähren, Abb. 129).

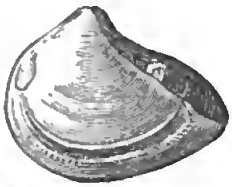


Abb. 133. Schizodus obscurus *Sow.*

Die Fauna der Dyas ist weniger reichhaltig als diejenige der Steinkohlenbildungen. Wir heben hervor die Bryozoen Fenestella retiformis *Schl.* (Abb. 130), die Brachiopoden Productus horridus, *Sow* (Abb. 131), Spirifer undulatus (Abb. 132), Camarophoria usw. Die Zweischaler weisen die

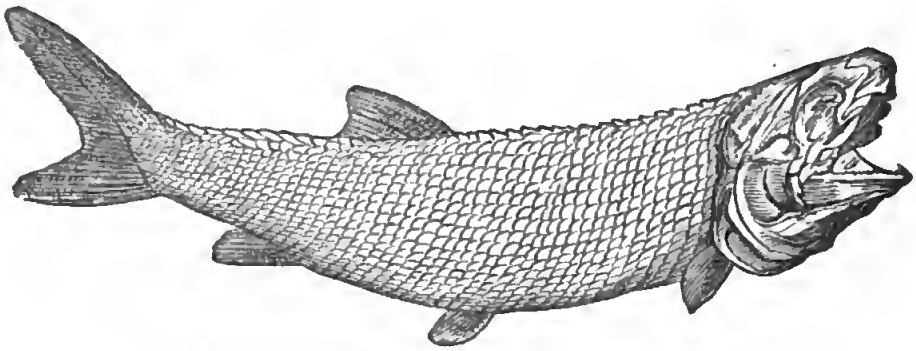


Abb. 134. Palaeonismus Freieslebeni *Agass.*

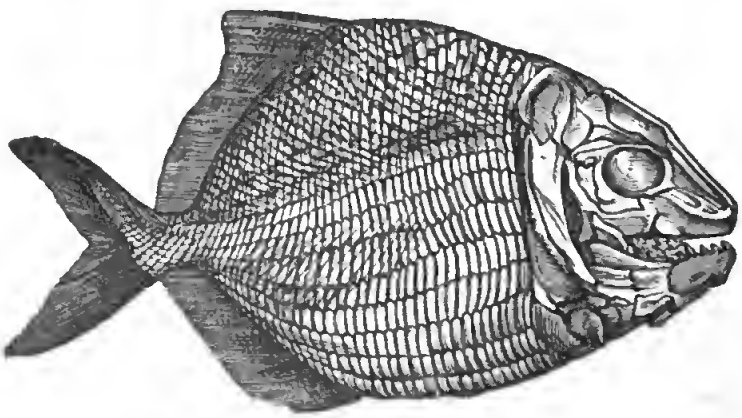


Abb. 135. Platysomus striatus *Agass.*

wichtigen Genera Schizodus obscurus *Sow.* (Abb. 133), Avicula speluncaria *Schl.*, Gervillia und andere mehr auf. Weniger wichtig sind die Gastropoden und auch die Cephalo-

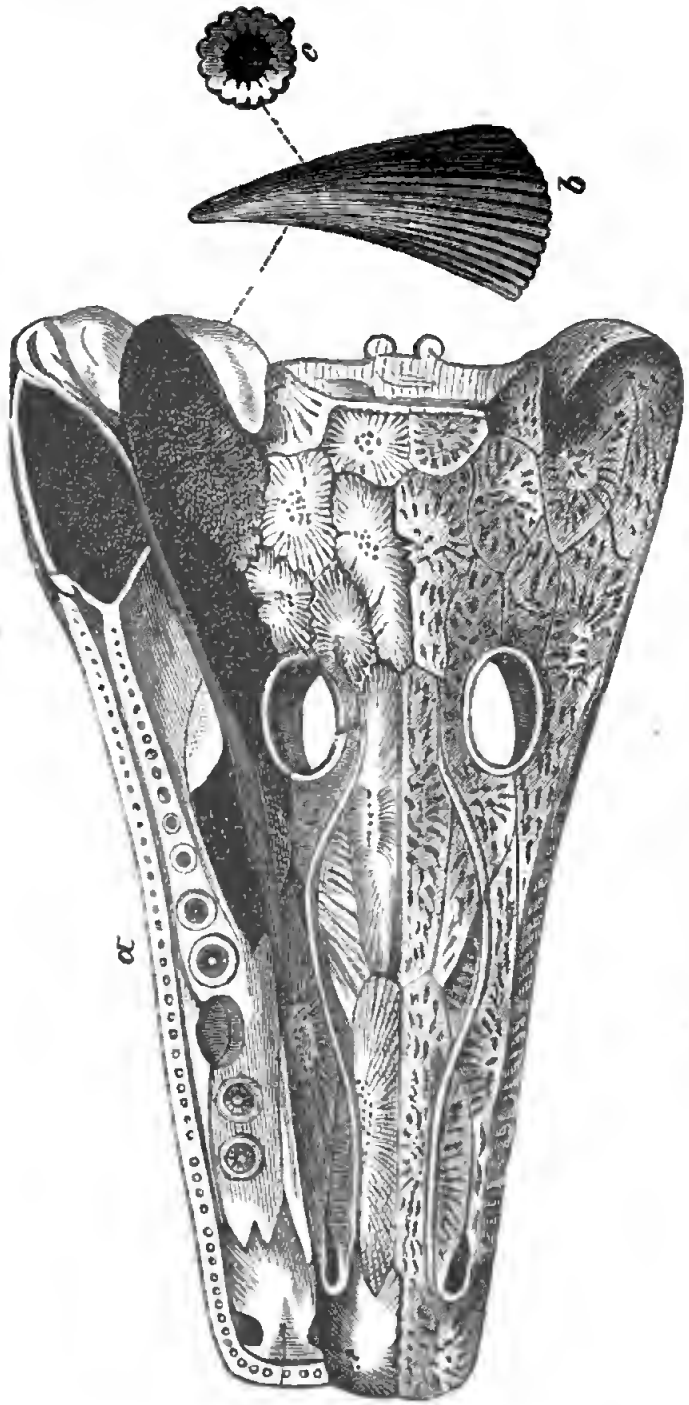


Abb. 136. Archegosaurus Decheni *Goldf.* Perm.
a Schädel, b Zahn, c Durchschnitt durch den Zahn.

poden, ferner die Arthropoden, die mit Insekten, Schalenkrebsen usw. auftreten, dagegen sind gewisse Wirbeltiere, so die heterozerkalen Ganoiden Palaeoniscus (Abb. 134), Platysomus

(Abb. 135), Amblypterus und die Labyrinthodonten Archegosaurus (Abb. 136), Branchiosaurus (Abb. 137), Pelosaurus (Abb. 138) und andere Arten mehr zu nennen.

Das Rotliegende

(auch Totliegendes genannt) gliedern wir der Hauptsache nach wie folgt in den beiden typischesten Gegenden Deutschlands.

Abb. 137. Branchiosaurus amblystoma *Credn.*

In der Grafschaft Mansfeld und dem südlichen Harzrande: Zu unterst: feinkörnige Konglomerate, schiefrige Sandsteine, Schieferletten mit Neuropteris, Pecopteris usw., das untere Rotliegende genannt. Darüber: rote Schieferletten, feinkörnige Sandsteine, Hornquarzkonglomerate usw., das mittlere Rotliegende. Zu oberst: das obere Rotliegende, aus Sandsteinen und Quarzporphyrkonglomeraten bestehend.

In der Saarbrücker Gegend: Zu unterst: die Kuseler Schichten, mit Kalamiten, Callipteris, Pecopteris, Walchia usw.; Schiefertone, Sandsteine, Kalke und Kohlenflöze. Darüber: die Lebacher Schichten, aus Kohlenflözen, Schiefertonen, Sandsteinen, Arkosen, kieseligen Kalken mit Toneisensteinnieren als Ein-

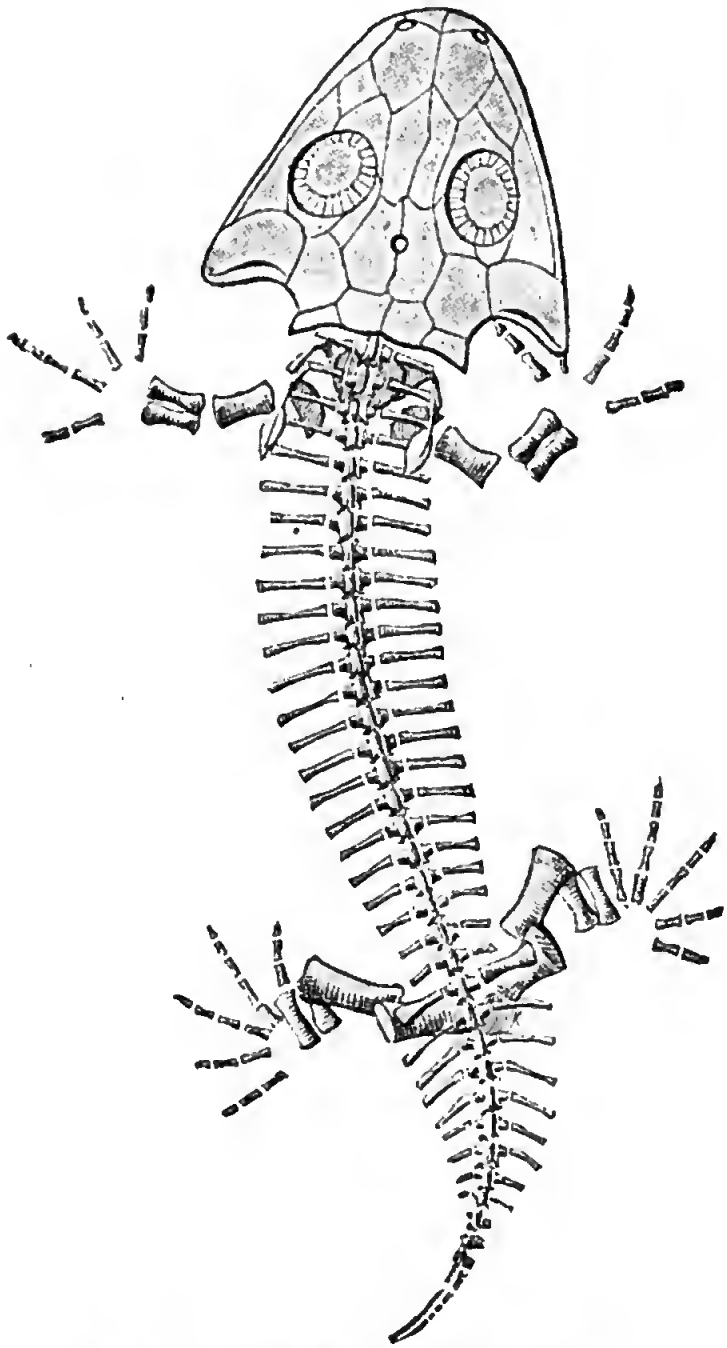


Abb. 138. Pelosaurus laticeps *Credn.*

lagerungen uſw. beſtehend. In dieſen Toneiſenſteinnieren befinden ſich die Reſte von Archegosaurus, Amblypterus, Walchia uſw. Darüber: das obere Rotliegende, größten-

teils aus zerstörtem Porphyrmaterial zusammengesetzt, ohne Versteinerungen.

Das oftmals bis zu 2000 m mächtige Rotliegende hat seinen Namen von den vorherrschend rot gefärbten Schichten, die die Unterlage der gleich zu besprechenden oberen Abteilung, der Zechsteingruppe, in Thüringen und Hessen bilden. Der Name kommt von den Bergleuten her, die diese Schichten das rote Liegende benannt hatten. Die Abb. 139 stellt idealisiert die sehr häufige Verbindung, das Zusammenvorkommen

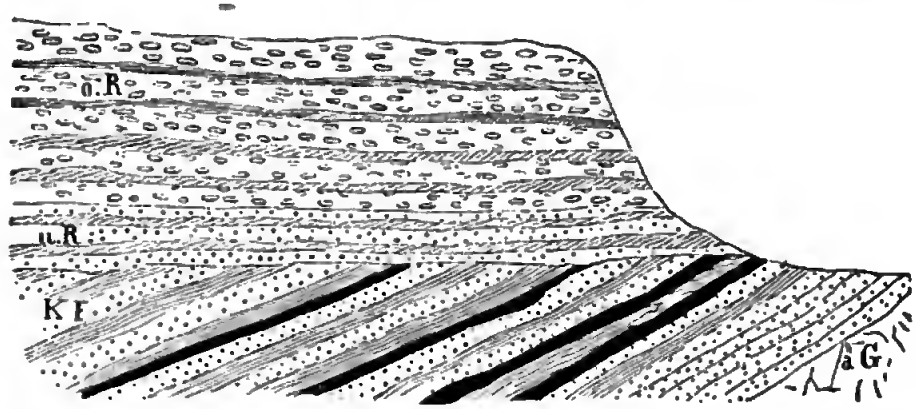


Abb. 139. o. R. oberes Rotliegendes, u. R. unteres Rotliegendes, K. F. Karbon, ä. G. ältere Gesteine.

des Rotliegenden und der karbonischen Sedimente dar, wobei ersteres sehr oft, wie in dieser Skizze, übergreifend über die geneigten Schichten des karbonischen Systems gelagert ist.

Der Zechstein.

Der Name Zechstein stammt von den Mansfelder Bergleuten, die seit alter Zeit das Gestein, durch das ihre Schächte in den Kupferschiefer abgeteuft sind, Zechsteine (Grubensteine) genannt haben. Wir gliedern den Zechstein in drei Abteilungen wie folgt:

Unterer Zechstein: Konglomerate und Sandsteine, darüber der Kupferschiefer mit Palaeoniscus Freieslebeni, Platysomus gibbosus, Ullmannia Bronni usw. Über dem Kupferschiefer folgt der Zechstein, ein fester, grau-

gefärbter Kalkstein, höchstens 30 m mächtig, mit der marinen, oben erwähnten Fauna, und Productus horridus, Spirifer undulatus usw. als Leitfossilien. Im Tale der Orla und der Umgebung desselben in Thüringen ist die untere und auch die mittlere Abteilung der Zechsteinbildungen in einer Bryozoenriffazies entwickelt.

Der mittlere Zechstein beginnt mit der Zechsteinrauchwacke und Asche, erstere ein feinkörniger, kristallinischer, drusiger und poröser, letztere ein feinsandiger Dolomit. Leitend ist Schizodus obscurus. Darüber folgen eine Reihe von aus Anhydriten, Gipsen, Dolomiten, Mergeln, Salztonen und Steinsalzen bestehenden Ablagerungen. Die jüngeren, also oberen Gips- und Dolomitablagerungen (Plattendolomit) werden als oberer Zechstein angesehen, die sog. jüngeren Gipse.

Die typischen Lokalitäten für den deutschen Zechstein sind die Gegend am Harze, an seiner westlichen, östlichen und südlichen Seite, am Kyffhäuser und im Thüringer Walde.

Die nutzbaren Mineralien der deutschen Dyas.

Des Erzgehaltes im Kupferschiefer, der auf metallische, auf Verwerfungsspalten aus der Tiefe in das Gestein eingedrungene Lösungen zurückzuführen ist, wurde schon weiter oben Erwähnung getan. Derselbe hat zu einem ausgedehnten Bergbau Veranlassung gegeben, so besonders in der Grafschaft Mansfeld am Südrande des Harzes, dann in Hessen (Riechelsdorf) und in Thüringen (Ilmenau). Die ersten Anfänge des Mansfelder Kupferschiefer-Bergbaues fallen in das Ende des 12. oder in den Anfang des 13. Jahrhunderts; mancherlei Peripetien hat derselbe durchmachen müssen, bis er im Jahre 1852 in die Hände der Mansfeldschen Kupferschiefer bauenden Gewerkschaft übergegangen und zu hoher Blüte gediehen ist. An 1700 Arbeiter finden dadurch ihr Brot. Der Erzgehalt der ungefähr 0,5 m mächtigen Kupferschieferschicht beträgt etwa 2 bis 3 Prozent.

Steinsalz birgt das Dyasgebirge Deutschlands in gewaltigen Massen (oberer Zechstein). Eine der berühmtesten hierhergehörigen Steinsalzlagerstätten ist diejenige von Staßfurt bei Magdeburg, mit mehreren Salzflözen, darunter eins von über 200 m Mächtigkeit. Berühmt sind ebenfalls die Staßfurter Abraumsalze (Polyhalit, Kieserit, Sylvin, Carnallit usw.). Ein großer Teil von Norddeutschland und Mitteldeutschland ist von Zechsteinbildungen mit Steinsalz und den Abraumsalzen unterlagert, und infolgedessen hat in den letzten Jahren der Bergbau auf diese wertvollen Kalisalze einen ungeahnten Aufschwung genommen (thüringische Staaten, Provinz Hannover, Großherzogtum Hessen, usf.). Selbst am Rande der Nordsee (Elbufer) sind durch Tiefbohrungen Salzlager mit Abraumsalzen nachgewiesen worden. Auch Eisenerze weist die Dyas auf; die Eisenerzlagerstätten (wohl Umwandlungen des Zechsteins in Spateisenstein und Brauneisenstein durch eisenhaltige Gewässer) des Stahlbergs und der Mommel im Thüringer Wald.

Das permische System in Rußland und in England ist ungefähr analog den deutschen Dyasbildungen entwickelt. In England entspricht dem deutschen Rotliegenden der Lower new red sandstone, eine Sandsteinbildung mit Resten von Landpflanzen und lokal eingelagerten Kohlenflözen, dem Zechstein dagegen der Magnesian limestone, bituminöser Mergelschiefer mit etwa denselben Fossilien wie der deutsche Zechstein. Auch im Perm Zentralrußlands lassen sich zwei Abteilungen unterscheiden, deren untere meist als Sandsteinbildung entwickelt ist, Landpflanzen führt und zum Teil mit Kupfererzen imprägniert ist (Kupfersandstein), während die obere eine marine Ablagerung darstellt, aus Kalken, Tonen, Mergeln, Gipsen und Steinsalz besteht und die Petrefakten des Zechsteins aufweist. Doch sind derselben auch Sandsteinbildungen mit Landpflanzen eingeschaltet.

Das permische System in den Alpen. Das Rotliegende wird repräsentiert durch den Verrucano, ein grobes Konglomerat von rötlicher Farbe. In den Südalpen vertritt

wohl der Grödener Sandstein das Rotliegende, der schwarze Bellerophonkalk mit Bellerophon peregrinus

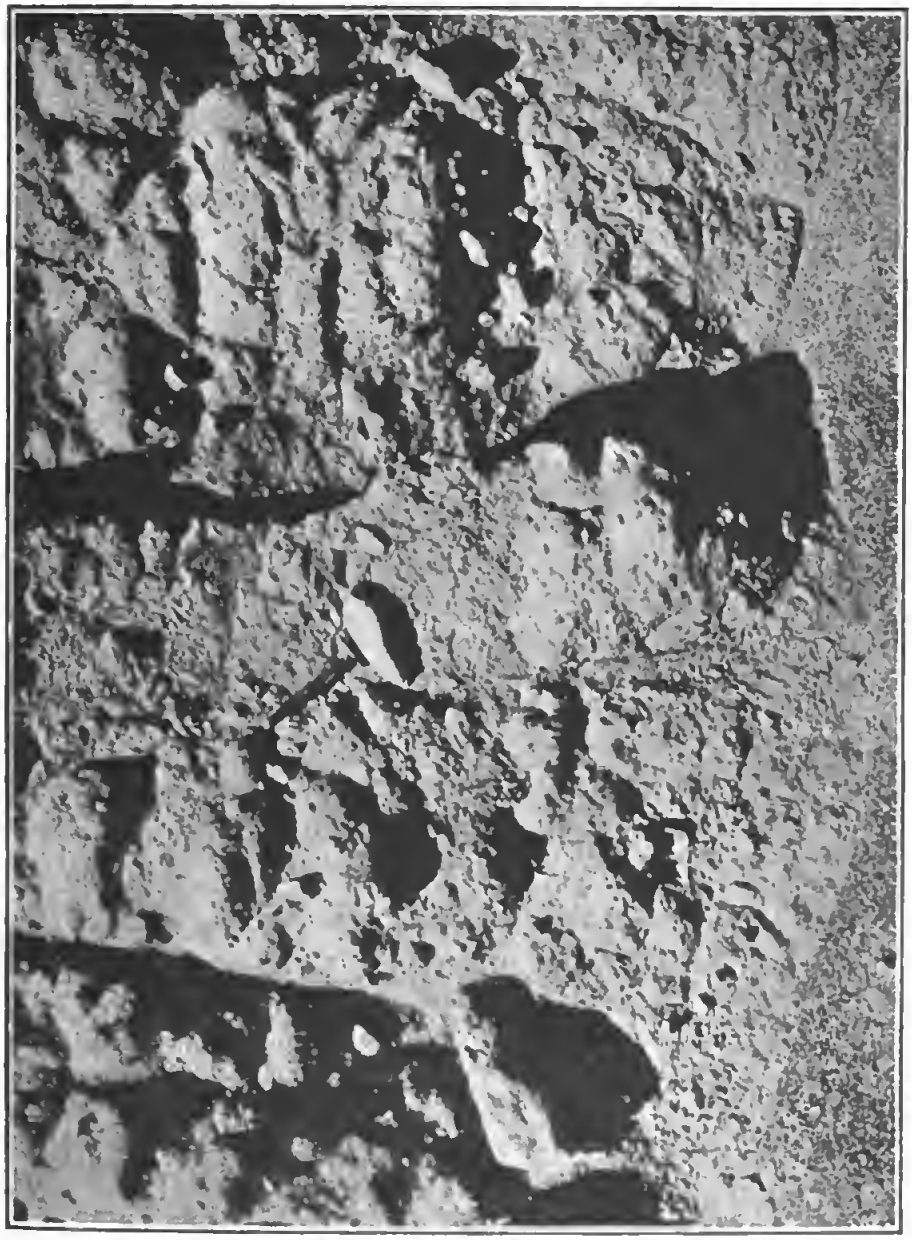


Abb. 140. Dwykakonglomerat, Prieska im Norden der Kapkolonie. Nach Sjögren.

Laube, B. Guembeli *Stache*, zahlreichen Foraminiferen (Trochammina, Bulimina usw.) den Zechstein.

Weitere Verbreitung des permischen Systems in Europa. Außer in den erwähnten Gegenden ist das-

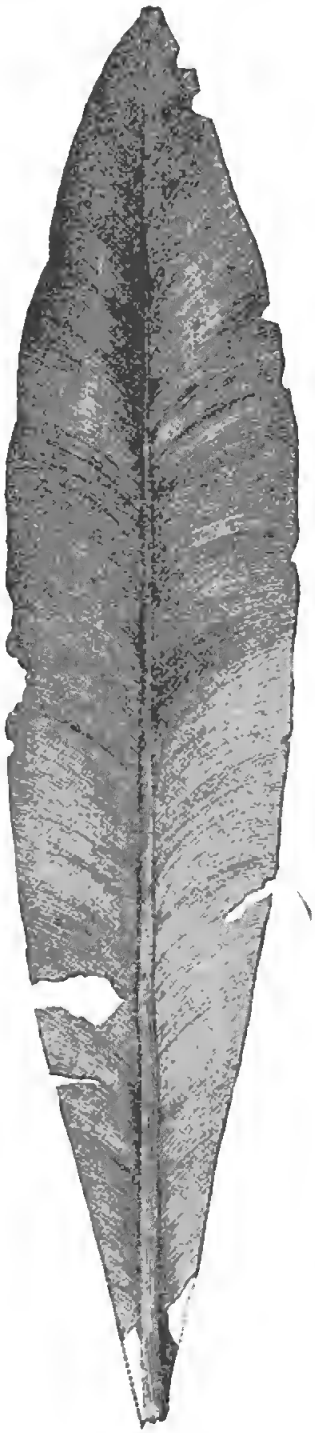


Abb. 141.
Glossopteris communis
Feistm.

selbe noch in Frankreich, in Böhmen, in Ungarn (bei Fünfkirchen) usw. verbreitet.

Die Verbreitung des Perms in den außereuropäischen Ländern. Die bisher geschilderten Vorkommnisse des Perms in Europa stellen zweifelsohne Schichten dar, die in flachen und seichten Meeren oder in mehr oder weniger abgeschlossenen Meerbuchten abgelagert worden sind, die also einer **Binnenfazies** entsprechen, für die man die Bezeichnung **Dyas** im eigentlichen Sinne anwenden kann. Zu den Sedimenten in dieser Entwickelung gehören auch die den Charakter des Rotliegenden zeigenden Schichten im Osten der nordamerikanischen Union.

Nun kennt man aber noch andere Ablagerungen des Perms, aus deren petrographischem und faunistischem Habitus deutlich hervorgeht, daß dieselben eine **pelagische Fazies** der permischen Schichtenreihe repräsentieren. Dieselben führen eine reiche, ozeanische Fauna (Productus, Bellerophon, viel Cephalopoden, als Xenodiscus, Cyclolobus usw., zum Teil die Vorläufer der Ammoniten der Triasmeere), die „das Bindeglied zwischen den paläozoischen und mesozoischen Faunen" darstellt (Credner). Auf dem nordamerikanischen Kontinent (Texas, Ostabhang des Felsen-

gebirges), in Asien (Buchara, Indien), auf den Sundainseln und auf Sizilien hat man solche pelagische Permsedimente entdeckt.

Die permische Eiszeit.

Nach neueren Anschauungen hat während der Zeit der Ablagerung der permischen Sedimente eine Vereisung ausgedehnter Gebiete auf der südlichen Erdhalbkugel stattgefunden,

Abb. 142. Schizoneura Gondwanensis *Feistm.*

als deren Überbleibsel Driftschichten in Australien (Bachus-Marsh-Konglomerate in Viktoria) und im Pendschab (Konglomerate der Gondwanastufe) und Grundmoränenbildungen in Dekkan und in Südafrika (Dwykakonglomerate Abb. 140) angesehen werden. Vor und nach dieser dyadischen Eiszeit

gedieh in der Südhemisphäre eine besondere Flora, die häufig Kohlenflöze gebildet hat und nach der in derselben reichlich vorhanden gewesenen Gattung Glossopteris (Abb. 140), einem großblätterigen Farn, die Glossopterisflora benannt wird. Die Hauptverbreitung dieser Pflanze trat erst nach dem völligen Verschwinden der Eismassen während der Triasperiode ein. Ein weiterer Vertreter dieser Flora ist Schizoneura (Abb. 142).

Die Eruptivgesteine des permischen Systems. Eruptivgesteine sind während der permischen Zeit in gewaltiger Menge zum Durchbruch gekommen und haben zum großen Teil das Material zur Bildung der mächtigen Konglomerat- und auch Sandsteinbildungen des Rotliegenden geliefert. Es sind meist Quarzporphyre, Porphyrite, Melaphyre und ähnliche Gesteine, die in der untern Dyas stock-, gang- und deckenförmig, zum Teil in großer Mächtigkeit, auftreten. Auch die Tuffe einiger dieser Gesteine sind von besonderer Wichtigkeit, so diejenigen der Quarzporphyre.

Dreizehnter Abschnitt.

Die mesozoische Ära.

Das triassische System (Trias).

Unter der Trias versteht man drei oftmals scharf voneinander getrennte Schichtenreihen, die aber meist zusammen vorkommen, wie z. B. im westlichen Deutschland. Die Trias besteht in Deutschland (germanische Trias), von unten nach oben, aus folgenden drei Gliedern:

1. aus dem Buntsandstein,
2. aus dem Muschelkalk und
3. aus dem Keuper.

Die germanische Trias.

Der Buntsandstein.

Der Buntsandstein wird aus einem Komplexe von Schichten von Sandsteinen, von untergeordneten bunten Schiefertonen, Mergelschiefern, Rogensteinen usw., mit beträchtlichen Einlagerungen von Gips und von Steinsalz zusammengesetzt.

Abb. 143. Voltzia heterophylla *Brongn.* Endzweig, Mittelzweig, Fruchtzweig.

Die Flora des Buntsandsteins ist ausgezeichnet durch Farne, Equisetazeen (Equisetum Mougeoti usw.) und Nadelhölzer. Von letzteren herrschen vor die Gattung Voltzia (Abb. 143) und Albertia. Die Abbildung 144 zeigt uns ein ideales Landschaftsbild aus der Zeit der Bildung des Buntsandsteins.

Die Fauna des Buntsandsteins bestand zumeist aus Mollusken, von denen Myophoria costata *Zenk.* zu nennen ist. Daneben finden sich noch etliche seltene Cephalopoden,

die Überreste von Wirbeltieren (Labyrinthodonten usw.) und die Fährten von noch unbekannten, Chirotherien genannten Tieren, die zu den Labyrinthodonten gehören dürften.

Gliederung des Bundsandsteins.

Der Buntsandstein wird in Deutschland von unten nach oben in folgende drei Abteilungen gegliedert, in

1. den unteren Buntsandstein mit lokalen Einlagerungen von Rogensteinen, Schiefertonen usw. Der Sandstein selbst ist feinkörnig; in

2. den Hauptbuntsandstein von teils grobem, teils feinem Korne, von gelblicher, rötlicher und bunter Färbung; in

3. das „Röt" genannte Gebilde. Dieses besteht aus einer rot oder auch grün gefärbten Schiefertonbildung, aus Mergeln und Dolomiten, mit Einlagerungen von Gips und von Steinsalz. Nach neueren Anschauungen sind der untere und der Hauptbuntsandstein gewaltige durch die Tätigkeit der Winde zusammengetragene Massen, also äolischen Ursprungs, ähnlich wie solche in den großen Wüsten der Gegenwart gebildet werden, eine fossile Wüstenbildung. Das Röt dagegen ist der Absatz eines langsam eindringenden, aber zeitweilig wieder verdunstenden Binnenmeeres.

Der Muschelkalk

wird gebildet von Kalksteinen und Dolomiten mit untergeordneten Einlagerungen von Tonen, Gips und Steinsalz.

Flora. Da der Muschelkalk eine rein marine Bildung ist, so weist diese Schichtenreihe keinen großen Reichtum an Pflanzenresten auf.

Fauna. Von den tierischen Überresten sind zu nennen die Echinodermen, u. z. die Krinoideen. Encrinus (Abb. 145), deren Stielglieder einzelne Schichten förmlich erfüllen. Die Brachiopoden sind vertreten durch die Genera Spiriferina, Coenothyris (Abb. 146) usw., die Mollusken durch die Gattungen Pecten, Lima, Gervillia (Abb. 147), Myophoria, Ostraea, Natica, Dentalium, Nau-

Abb. 144. Landschaft aus der Zeit der Bildung des Buntsandsteins.

tilus und Ceratites (Abb. 148). Von Arthropoden kennt man nur wenige Arten, darunter die Krebsgattung Pemphix, dagegen finden sich die Reste von Wirbeltieren in großer Menge, darunter Fische, als Hybodus, Acrodus, Gyrolepis, Saurichthys usw., und Meeressaurier, Placodus, Nothosaurus.

Gliederung des Muschelkalks.

Man teilt den Muschelkalk ein in drei Abteilungen, deren unterste der untere Muschelkalk oder der Wellenkalk genannt wird, mit Lima lineata, Myophoria vulgaris, Myophoria orbicularis, Gervillia socialis, Spiriferina hirsuta usw.

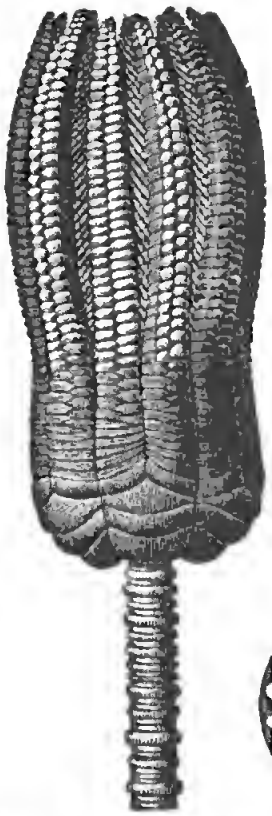
Die mittlere Abteilung führt den Namen der Anhydritgruppe. Statt größtenteils aus Kalken zu bestehen, wie der untere Muschelkalk, ist die mittlere Gruppe aus zelligen Dolomiten, Mergeln, Gipsen, Anhydriten und Steinsalz zusammengesetzt. An Fossilien ist die Anhydritgruppe arm.

Der obere Muschelkalk oder der Hauptmuschelkalk bildet die dritte Abteilung, eine Kalksteinbildung mit tonigen Zwischengliedern und Pemphix Sueuri, Ceratites nodosus, Lima striata, Coenothyris vulgaris, Encrinus liliiformis usw.

Der Keuper.

Der Keuper wird zusammengesetzt aus sandigen und mergeligen Ablagerungen mit untergeordneten Einlagerungen von Gips, Dolomit und Lettenkohle. Der Name der Bildung stammt von einer trivialen Bezeichnung gewisser zu dieser Ablagerung gehöriger Mergel in Franken.

Die Fossilien des Keupers sind zumeist Pflanzenüberreste. Hier sind es wiederum Sagopalmen (Cykadeen) mit den Gattungen Pterophyllum, Nilssonia, Zamites, Otozamites und Equisetazeen mit den Geschlechtern Equisetum, Pterophyllum (Abb. 149) sowie Koniferen, worunter das Genus Glyptolepis oder Voltzia, die zu reicher Entwickelung gelangten.



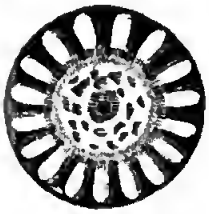


Abb. 145. Encrinus liliiformis *Lam.*

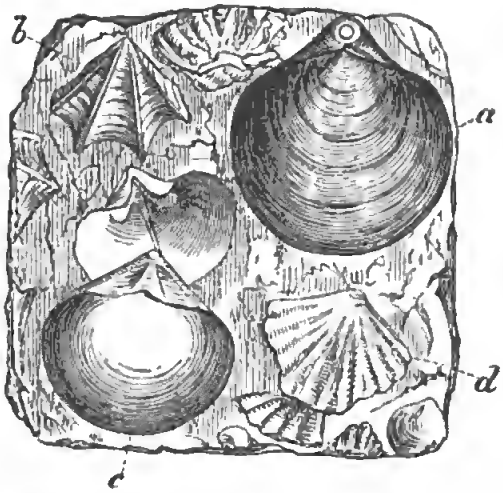


Abb. 146. a Coenothyris vulgaris *Schloth sp.*, b Retzia trigonella *Schloth sp.*, c Spiriferina Mentzeli *Dunk.*, d Rhynchonella Mentzeli *Buch sp.*

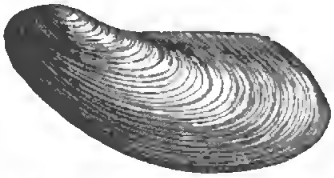


Abb. 147. Gervillia socialis *Quenst.*

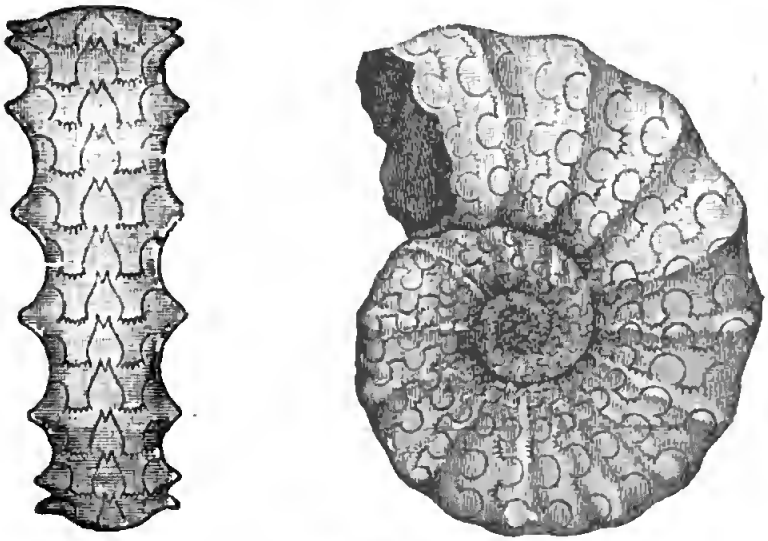


Abb. 148. Ceratites nodosus *Haan.*

Die Abbildung 150, die wie das ideale Landschaftsbild aus der Buntsandsteinzeit dem Ungerschen Prachtwerk „Die Urwelt" entnommen ist, gewährt uns einen Blick in die Flora des Keupers. Auf der rechten Seite des Bildes gewahren wir reich verzweigte Kalamiten, links Equisetiten, daneben im Hintergrunde rechts und vorne Nadelhölzer, Voltzia. Im Vordergrunde kommt ein riesiger Nicrosaurus aus seinem Versteck hervor.

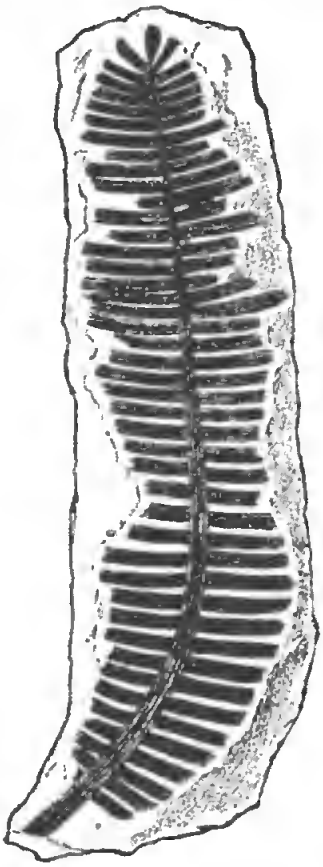


Abb. 149. Pterophyllum Jaegeri *Brgt.*

Die Fauna des Keupers ist keine sehr reichhaltige. Auch hier sind wieder, wie im Muschelkalk, die Mollusken, ganz speziell die Zweischaler, wohlentwickelt, darunter die Gattungen Myophoria und Avicula (Abb. 151), letztere in den obersten Schichten. Auch Brachiopoden, Lingula und Terebratula, finden sich vereinzelt. Von den Arthropoden ist ein kleiner zu den Phyllopoden gehöriger Krebs, Estheria, zu nennen. Wirbeltierüberreste kommen in der Keuperformation häufig vor; so kennt man Fische aus derselben in beträchtlicher Anzahl. Als besonders wichtig sind zu nennen die Gattungen Acrodus, Hybodus, Semionotus und Ceratodus (Abb. 152); letztere hat in den australischen Gewässern noch einen lebenden Vertreter. Auch die Reptilien sind im Keuper repräsentiert, so durch das Genus Nothosaurus, das schon im Muschelkalk vorkommt, und durch den gewaltigen Belodon (Abb. 153) oder Nicrosaurus, den man zu den Krokodiliern zählt. Die Amphibien finden sich im Keuper ebenfalls nicht selten. Hierher gehören die zu den Labyrinthodonten gestellten Gattungen Mastodonsaurus

(Abb. 154 und 155) und Metopias. In den allerobersten Schichten des Keupers haben sich die Zähne des ältesten

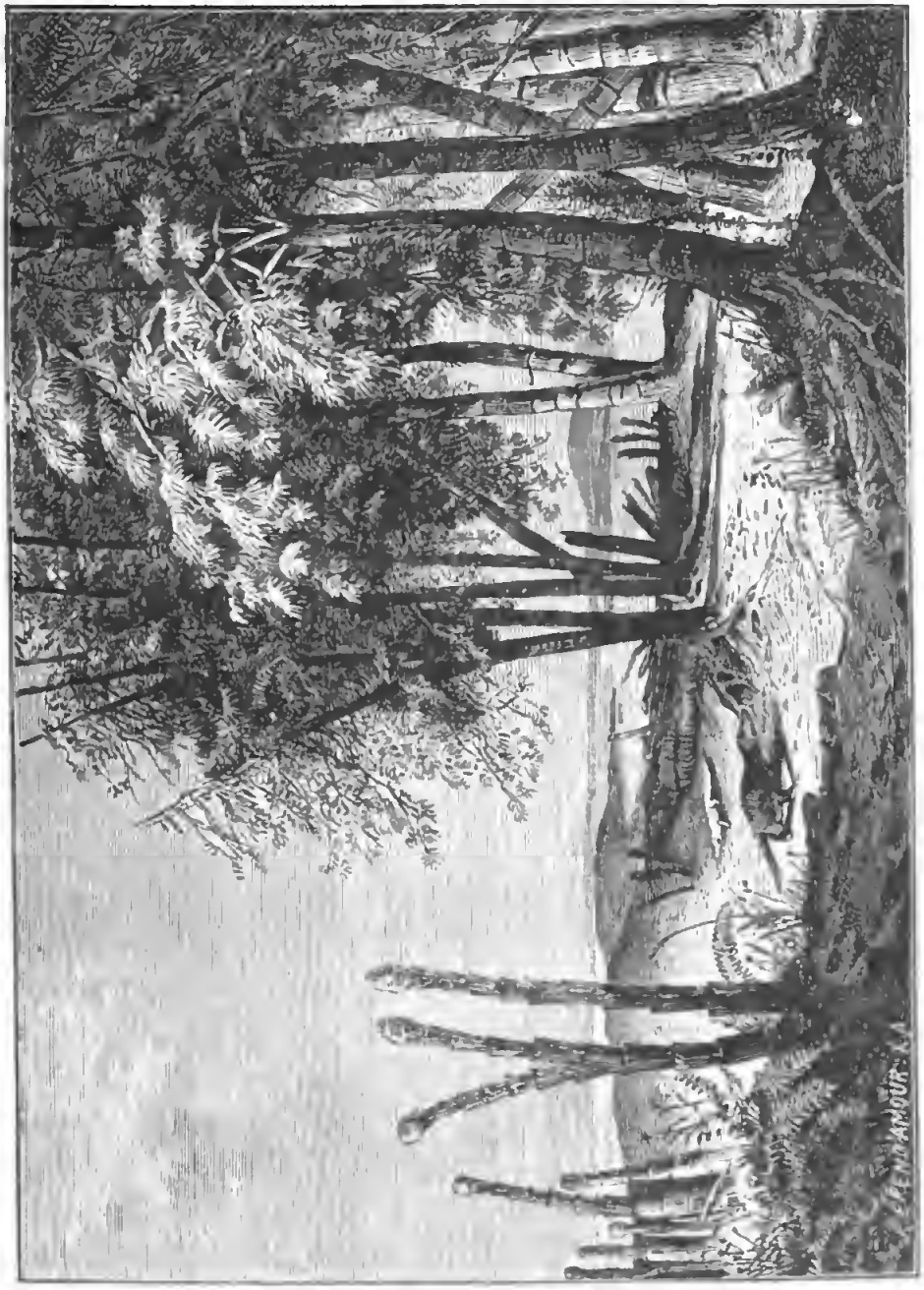


Abb. 150. Landschaft aus der Zeit der Bildung des Keupersandsteins.

Säugetieres, eines Beuteltieres, Microlestes antiquus, gefunden.

Gliederung des Keupers.

Auch der Keuper wird in drei Unterabteilungen eingeteilt.

Die untere Abteilung, die aus Sandsteinen und Schiefertonen besteht, mit einer Einlagerung von Lettenkohle, wird die Lettenkohlengruppe oder der Kohlenkeuper genannt. In diesem Kohlenkeuper kommt Estheria minuta vor.

Abb. 151.
Avicula contorta *Port.*

Die mittlere Abteilung oder der Gipskeuper wird aus Sandsteinen mit bunten Mergeln und Gipseinlagerungen, lokal auch von Einlagerungen von Steinsalz gebildet. In derselben finden sich die Reste von Semionotus, Belodon usw. Die berühmte Vogelechse, Aëtosaurus ferratus *Fraas*, stammt ebenfalls aus dem Gipskeuper, aus dem sogenannten Stubensandstein, während die weiter oben erwähnten Pflanzenreste in einer etwas älteren Schicht des Gipskeupers, dem Schilfsandsteine, gefunden werden.

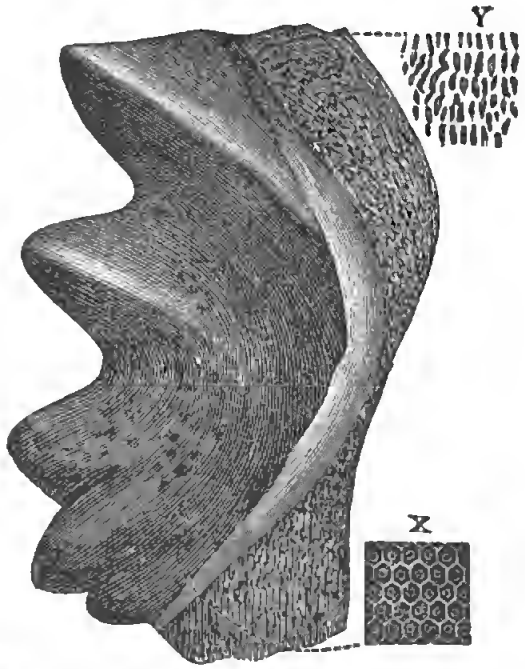


Abb. 152. Ceratodus Kaupii *Agassix*. Zahn. Y Vergrößerter Teil der knochenartigen Zahnbasis, X vergrößerter Teil der Zahnsubstanz. Nach Quenstedt.

Die obere Abteilung des Keupers trägt den Namen „das Rhät" oder „die Zone der Avicula contorta". Auch sie besteht aus Schiefertonen und Sandsteinen, enthält lokal Pflanzenreste und schließt hier und da nach oben mit einer eigentümlichen Bildung, einer Knochenbreccie, dem

„Bonebed" ab, die aus Knochen von Fischen und Reptilien besteht, und in der die schon erwähnten Zähne des Beuteltieres Microlestes antiquus (Abb. 156) gefunden worden sind. Die Lettenkohlenbildungen sind das Produkt einer Flachsee mit schlammigen Ufern, denen durch Flüsse Sand und Landpflanzen zugeführt wurden; der mittlere Keuper wurde in von Salzwasser erfüllten Binnenseen abgelagert, unter Bildung von ausgedehnten Sanddünen an ihrem Strande,

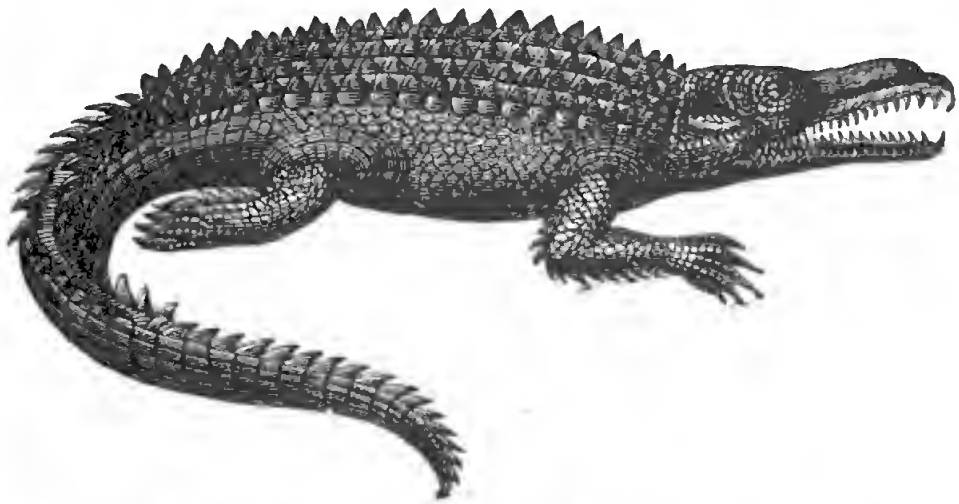


Abb. 153. Restauriertes Bild des Belodon aus dem Keuper von Stuttgart.

während zum Schlusse der Keuperzeit das Meer wieder die Oberhand gewonnen und die rhätischen Schichten abgesetzt hat.

Die Verbreitung des Trias in Deutschland.

In Deutschland unterscheiden wir vier Triasgebiete, nämlich

1. das norddeutsche, dessen nördlichster Punkt die Nordseeinsel Helgoland ist,
2. das fränkisch-schwäbische,
3. das elsässisch-lothringische und
4. das oberschlesische Triasgebiet.

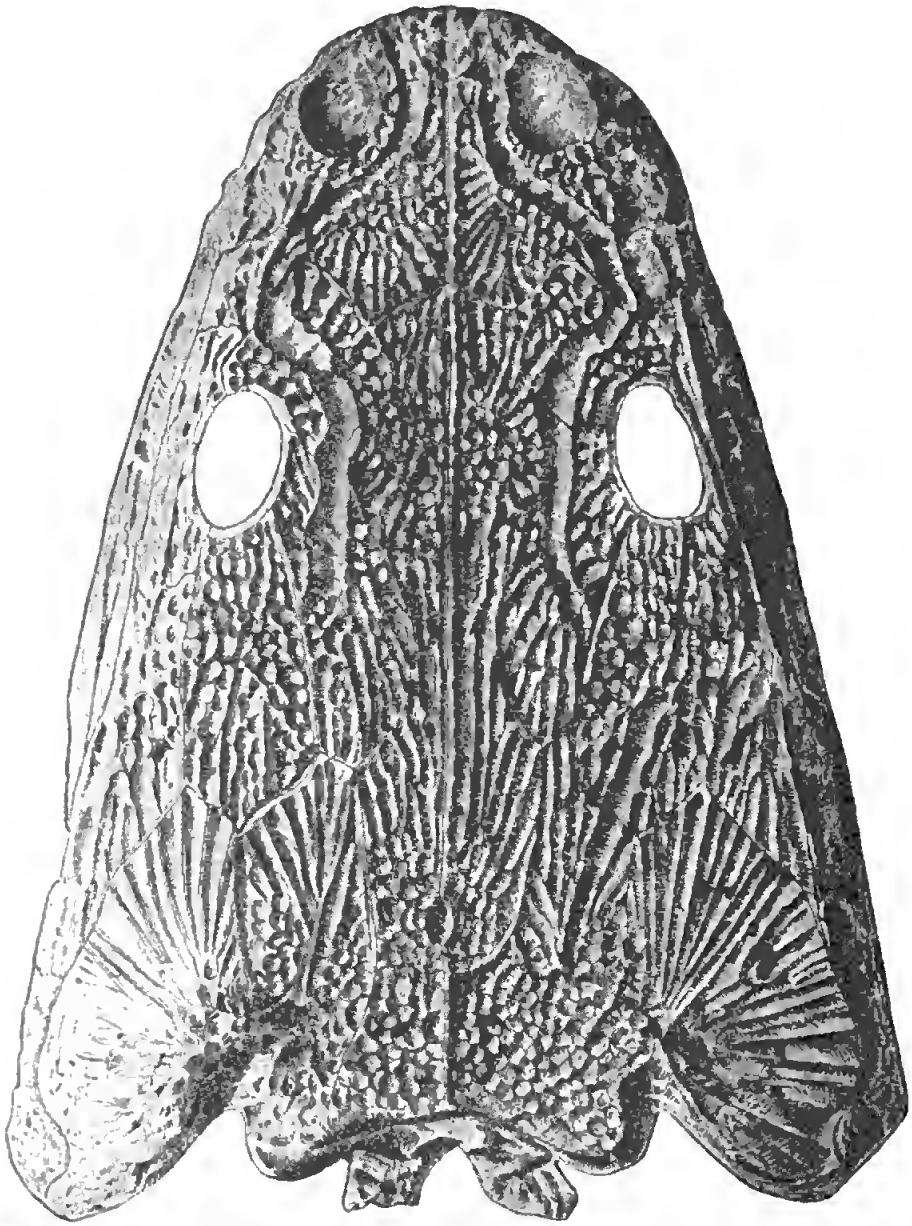


Abb. 154. Metopias diagnosticus *H. v. Meyer*. Aus dem Keuper (Schilfsandstein) von Stuttgart. Sehr verkleinerte Ansicht des Schädels von oben. Nach E. Fraas.

Die Lagerungsverhältnisse der deutschen Trias sind vielfach gestört; verworfene und gebogene sowie auch geknickte Schichten sind hier keineswegs Seltenheiten. Gute Beispiele liefern hierfür der Thüringer Wald, das obere Rheintal und andere Orte mehr.

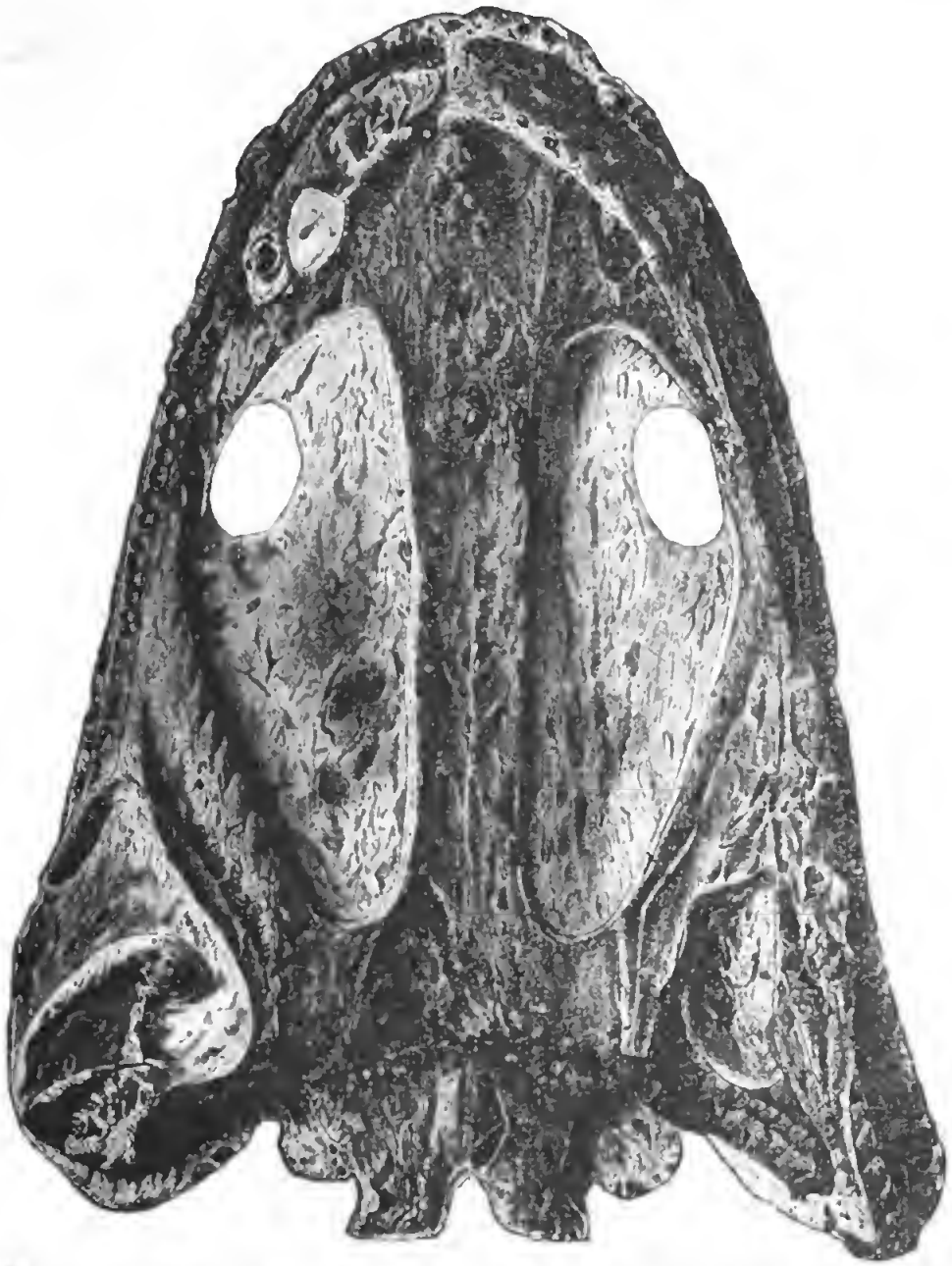


Abb. 155. Metopias diagnosticus *H. v. Meyer*. Aus dem Keuper (Schilfsandstein) von Stuttgart. Sehr verkleinerte Ansicht des Schädels von unten. Nach E. Fraas.

Germanische Fazies der Trias in anderen Ländern.

Die Trias findet sich in ähnlicher Entwickelung sonst noch in England (New red sandstone-group), woselbst aber nur deren unterste und oberste Glieder, also der Buntsandstein

und der Keuper, nicht aber der Muschelkalk entwickelt sind; beide Glieder gehen ineinander über, ohne sich scharf voneinander trennen zu lassen. Dann kennen wir die Trias noch in Frankreich, in Spanien und Portugal, im südlichen Schweden (pflanzenführendes Rhät) und in Nordamerika (hier ebenfalls unter der Bezeichnung New red Sandstone), woselbst sie in Nordkarolina und in Virginien Steinkohlen, die abgebaut werden, und Eisenerze führt.

Das Erzreichtum der Trias

in Deutschland ist nur ein verhältnismäßig geringer. So ist an einzelnen Stellen der Buntsandstein in einer Mächtigkeit von vielen Metern von kleinen Partikelchen von Bleiglanz erfüllt, in der Form von kleinen Körnern. Man nennt solche Sandsteine Knottensandsteine; dieselben enthalten manchmal von $^3/_5$ bis 5 % Bleiglanz oder auch Cerussit und werden dann abgebaut (Kommern in der Rheinprovinz). Im Buntsandstein des Schwarzwaldes (Bulach) kommen verschiedene Erze vor, Fahlerz, Malachit usw., die in früherer Zeit verschüttet worden sind. In Oberschlesien führt der Muschelkalk Galmei, Bleiglanz und Brauneisenerze in großer Menge, die gewonnen und daselbst verarbeit werden. Auch bei Wiesloch in Baden zeigen sich im Muschelkalk Zinkerze, deren Abbau schon von den Römern betrieben worden sein soll. Der Keuper außerhalb der Alpen weist keine erheblichen Erzlagerstätten auf. Der amerikanischen Trias sind lokal Kupfer- und Silbererze eingelagert. Der Salzreichtum der deutschen Trias wurde bei Besprechung ihrer einzelnen Glieder schon gebührend hervorgehoben.

Die Eruptivgesteine der deutschen Trias.

In Deutschland kennt man solche kaum. Die Gesteine, die hier die triassischen Schichten durchsetzen, sind erst in einer späteren Periode durchgebrochen. Anders verhält sich die Sache in Nordamerika, woselbst während des Absetzens

der triassischen Bildungen zahlreiche Eruptionen von Diabasen, Melaphyren und dioritischen Gesteinen stattfanden, mit denen die erwähnten Erzlagerstätten in Verbindung stehen.

Die pelagische oder alpine Trias.

Ähnlich wie beim permischen System kennt man auch in der Trias eine Binnenfazies, die eben geschilderte germanische Entwickelung des triassischen Systems, und eine pelagische Fazies, die nach derjenigen Gegend, in der man diese Schichtenreihe zuerst erkannt hat, den Namen der alpinen Trias führt. Ihr Verbreitungsgebiet umfaßt das weite Gebiet um den Pazifik und das arktische Meer, der Thetys (Seite 140), ferner das Gebiet eines zentralasiatischen Mittelmeeres, als dessen westlicher Ausläufer sich das mediterrane Becken darstellt. Letzterem entstammen auch die Triasablagerungen der Alpen, und zwar namentlich der Ostalpen.

Abb. 156. Microlestes antiquus *Plieninger*.

Die Fauna der pelagischen Trias weist zwar manche mit der deutschen Trias gemeinsame Arten auf, doch ist dieselbe im allgemeinen viel reichhaltiger als die Flora und Fauna der letzteren. So sind z. B. die Korallen, die der deutschen Trias ganz fehlen, in dem pelagischen Triasmeere zu großer Entwickelung gelangt. Dann kennen wir des weiteren eine reiche Brachiopodenfauna, zum Teil in der deutschen Trias vorhandene Gattungen, wie z. B. die Genera Terebratula, Spirifer, Retzia, eine nicht minder große Anzahl von Cephalopoden, als Ceratides, Trachyceras, Pinacoceras, Ptychites usw., zum Teil Formen, die wir in den außeralpinen Ablagerungen erst in höheren Schichten, z. B. im unteren Jura, wiederfinden (Phylloceratiden u. a.), während zusammen mit diesen und in denselben Sedimenten wiederum

Arten vorkommen, die in der germanischen Trias nicht mehr existieren und mit dem Ausgang der paläozoischen Zeit verschwunden sind, wie z. B. die Gattung Orthoceras. Die übrigen Mollusken sind in der pelagischen Trias ebenfalls vertreten gewesen, aber zum Teil wieder mit anderen Gattungen und Arten, Avicula (Abb. 157), Daonella, Halobia (Abb. 158), Cassianella, Cardita, Myophoria, Monotis, Chemnitzia, Turbo, Natica usw. Auch die Echinodermen werden durch eine stattliche Reihe von Arten repräsentiert, darunter zahlreiche Cidariten. Die Krustazeen spielen nur eine sehr untergeordnete Rolle. Wirbeltiere kommen ebenfalls vor, ganz besonders Fische, darunter die Gattung Pholidophorus usw.

Die Flora der pelagischen Trias weicht nur verhältnismäßig wenig von derjenigen der deutschen Trias ab. Wir finden darin Equisetum, Pterophyllum usw. Zu großer Blüte gelangten gewisse Kalkalgen, als Diplopora und Gyroporella, die einen wesentlichen Anteil am Aufbau der triassischen Sedimente der Alpen genommen haben.

Gliederung der alpinen Trias.

Die alpine Trias beginnt zu unterst mit einer Schichtenreihe von buntgefärbten Sandsteinen und Mergelkalken, der unteren kalkarmen Gruppe, die dem Buntsandstein entspricht. In den Nordalpen gehören hierher die Werfener Schiefer, in den Südalpen die Campiler und Seißer Schichten. Leitend ist Avicula Clarai (Abb. 157). Darauf folgt ein kalkiger Schichtenkomplex, die untere Kalkgruppe, von der die Guttensteiner und die Reichenhaller Kalke der Nordalpen und die Recoaro- und Buchensteiner Kalke im Süden des Gebirgszugs zum Muschelkalk zu rechnen sind. Eine zur Zeit vielumstrittene Stellung nehmen dagegen die Wetterstein- und Partnachschichten und der Reiflinger Kalk in den Nordalpen, die St. Cassianer und Wengener Schichten, die Kalke von Esino und von der Marmo-

lata sowie der Schlerndolomit (Dolomitberge Südtirols) usf. in den Südalpen ein, die nach Bittner Sedimente vom Alter des deutschen Muschelkalkes sind (seine ladinische Stufe), während Benecke dieselben in die Lettenkohlengruppe stellt.

Die mittlere kalkarme Gruppe umfaßt in den Nordalpen in erster Linie den Lunzer Sandstein mit Kohlenflözen und einer Keuperflora, als Equisetum arenaceum, Pterophyllum Jaegeri usw. in den niederösterreichischen Alpen, und

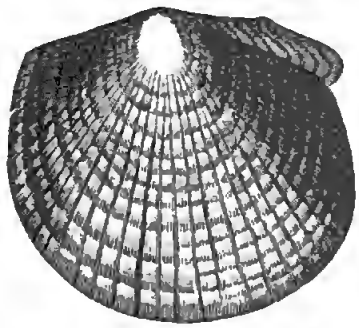


Abb. 157. Avicula Clarai *Emm. sp.*

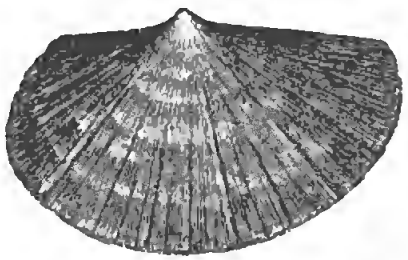


Abb. 158. Halobia (Daonella) Lommeli *Wissm.*

die Carditaschichten der Bayrischen Alpen. In den Südalpen ist diese Gruppe vornehmlich ausgezeichnet durch die kalkig-mergeligen Sedimente der Raibler Schichten mit Myophoria Kefersteini, Fischresten usf. Während die einen (Bittner) den Lunzer Sandstein und die Raibler Schichten als Äquivalente der Lettenkohle auffassen, wären nach anderen (Benecke) diese Gebilde gleichalterig mit dem Gipskeuper. Die Carditaschichten werden von beiden Parteien diesem letzteren hinzugezählt.

Die oberekalkige Gruppe ist durch die weitverbreiteten kalkigen Ablagerungen des (unteren) Dachsteinkalkes und des Hauptdolomites ausgezeichnet (zum Teil Korallenrifffkalke), Gebilde, in die sowohl in den Nord- als auch in den Südalpen, besonders aber im Salzkammergut Kalksteine von gelbrötlicher und grauer Färbung mit reicher Cephalo-

podenfauna (Hallstädter Kalke) eingelagert sind. Diese obere kalkige Gruppe entspricht dem mittleren Keuper der germanischen Trias.

Eine obere kalkarme Gruppe schließt die Ablagerungen der alpinen Trias ab. Dieselbe ist ein Äquivalent des Rhätkeupers der germanischen Trias, aber viel mächtiger entwickelt als dieser letztere. Das eine Hauptgebilde derselben ist ein Komplex von mergeligen und kalkigtonigen Schichten, die man als Kössener Schichten bezeichnet, mit reicher Fauna von gewissen Korallen (Lithodendren), Brachiopoden (Spiriferina Jungbrunnensis, Terebratula gregaria [Abb. 158] usw.) und Bivalven (Avicula contorta, Gervillia praecursor) usw. Das andere mächtige Glied des alpinen Rhäts bildet eine aus hellen Kalken bestehende, durch großartige Karrenfelderbildung charakterisierte Ablagerung, der obere Dachsteinkalk, mit Korallen, Megalodon triqueter usw. (Watzmann, Reiteralpe, Dachstein in den Nordalpen, Fanisgebirge usw. in den Südalpen).

Mineralreichtum der alpinen Trias.

Die alpine Trias ist reich an nutzbaren Mineralien, nämlich an Salz (Salzkammergut), an Zinnober und Quecksilber (Idria in Krain), an Blei- und Zinkerzen (Raibl und Bleiberg), endlich an Eisenerzlagerstätten (Werfen, Bergamasker Alpen).

Eruptivgesteine der alpinen Trias.

An Eruptivgesteinen ist die alpine Trias nicht so arm wie die germanische. Hierher gehören die Eruptivgebiete des Fleimser- und des Fassatales in Südtirol, nämlich die Granite, Syenite, Porphyre, Augitporphyre, Gabbros usw. von Predazzo und des Monzonigebirges, überhaupt die in den Südtiroler Dolomiten häufig vorkommenden und dieselben durchsetzenden Eruptivgesteine zum größten Teil.

Das jurassische System.

Auf die Trias folgt das jurassische System, so genannt, weil dasselbe zuerst im Juragebirge als etwas Besonderes erkannt worden ist. Die Ablagerungen des jurassischen Systems sind mit nur wenigen Ausnahmen marine Sedimente.

Der petrographische Charakter des jurassischen Systems ist ein ziemlich einförmiger. Derselbe besteht aus lichten und dunkeln Kalksteinen, aus Mergeln, Mergelschiefern, Tonen, Dolomiten und in untergeordneter Weise auch aus Sandsteinen. Die Kalksteine sind von wechselnder Beschaffenheit. So kennt man sehr feinkörnige plattenförmig abgesonderte Ablagerungen (Solnhofener Lithographiersteine) und daneben wieder Oolithe, Gesteine, die aus kleinen, runden Körnern bestehen, die im Innern konzentrisch schalig oder radial strahlig sind (Seite 21); dann findet man wieder rein zoogene Kalksteine, wie z. B. die Korallenkalke usf.

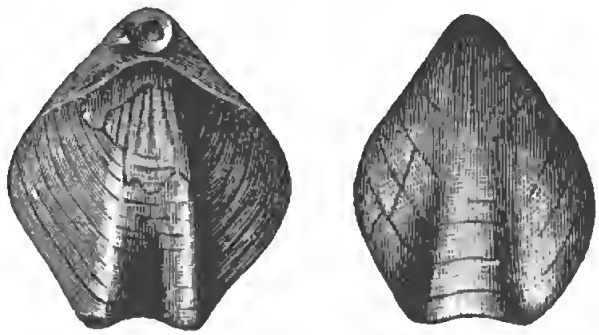


Abb. 159. Terebratula gregaria *Suess*.

Paläontologischer Charakter des jurassischen Systems. Die Flora der Jurazeit war eine sehr reichhaltige. Die Zykadeen standen in höchster Blüte (Zamites, Podozamites), und große Nadelholzwaldungen bedeckten wohl die Länder der Jurazeit (Gingko, Araucaria).

Die Fauna. Foraminiferen finden sich in großer Menge, desgleichen Seeschwämme (Lithistiden und Hexaktinelliden (Abb. 160). Die Korallen, zum Teil schon nahe verwandt mit den heute lebenden Gattungen und Arten, haben eine große riffbauende Tätigkeit im Jurameere entfaltet. Es sind hauptsächlich die Geschlechter Thamnastraea, Thecosmilia (Abb. 161), Latimaendra und noch andere

mehr. Die Echinodermen ſind vertreten durch die Krinoideen, die Seeſterne und die Seeigel, ſo die Gattungen Pentacrinus (Abb. 162), Apiocrinus und Eugeniacrinus ſowie die Genera Cidaris (Abb. 163 und 164), Echinus, Holectypus, Pygaster, Pseudodiadema und Echinobrissus uſf. Von den Brachiopoden ſetzen uns hauptſächlich die Genera

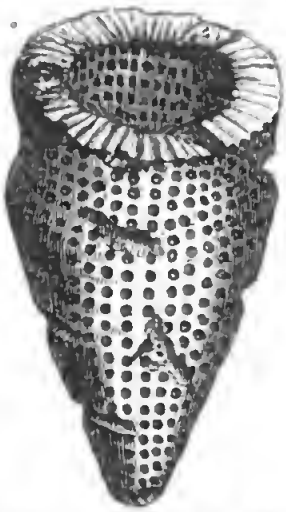


Abb. 160. Craticularia paradoxa *Mstr. sp.*, eine Hexaktinelliide aus dem weißen Jura von Engelhardsberg in Franken.

Abb. 161. Thecosmilia trichotoma *M. Edw. et Haime.*

Rhynchonella, Terebratula, Zeilleria (Abb. 165) und Spiriferina durch die große Mannigfaltigkeit ihrer Spezies in Erſtaunen. Die Würmer ſind durch die Gattung Serpula vertreten. Ganz enorm iſt aber die Entwickelung der Zweiſchaler, der Gaſtropoden und der Cephalopoden. Hier ſind als wichtigſte Gattungen von erſteren zu nennen Ostraea (Abb. 166), Gryphaea (Abb. 167), Pecten, Posidonomya, Diceras, Nucula, Trigonia (Abb. 168), Pholadomya, von den Gaſtropoden Nerinea (Abb. 169), Harpagodes (Abb. 170), Pleurotomaria (Abb. 171), von den Cephalopoden die Ammonitiden (Abb. 172 bis 178) mit der großen Menge ihrer Unterabteilungen und das Geſchlecht der Belemniten (Abb. 179

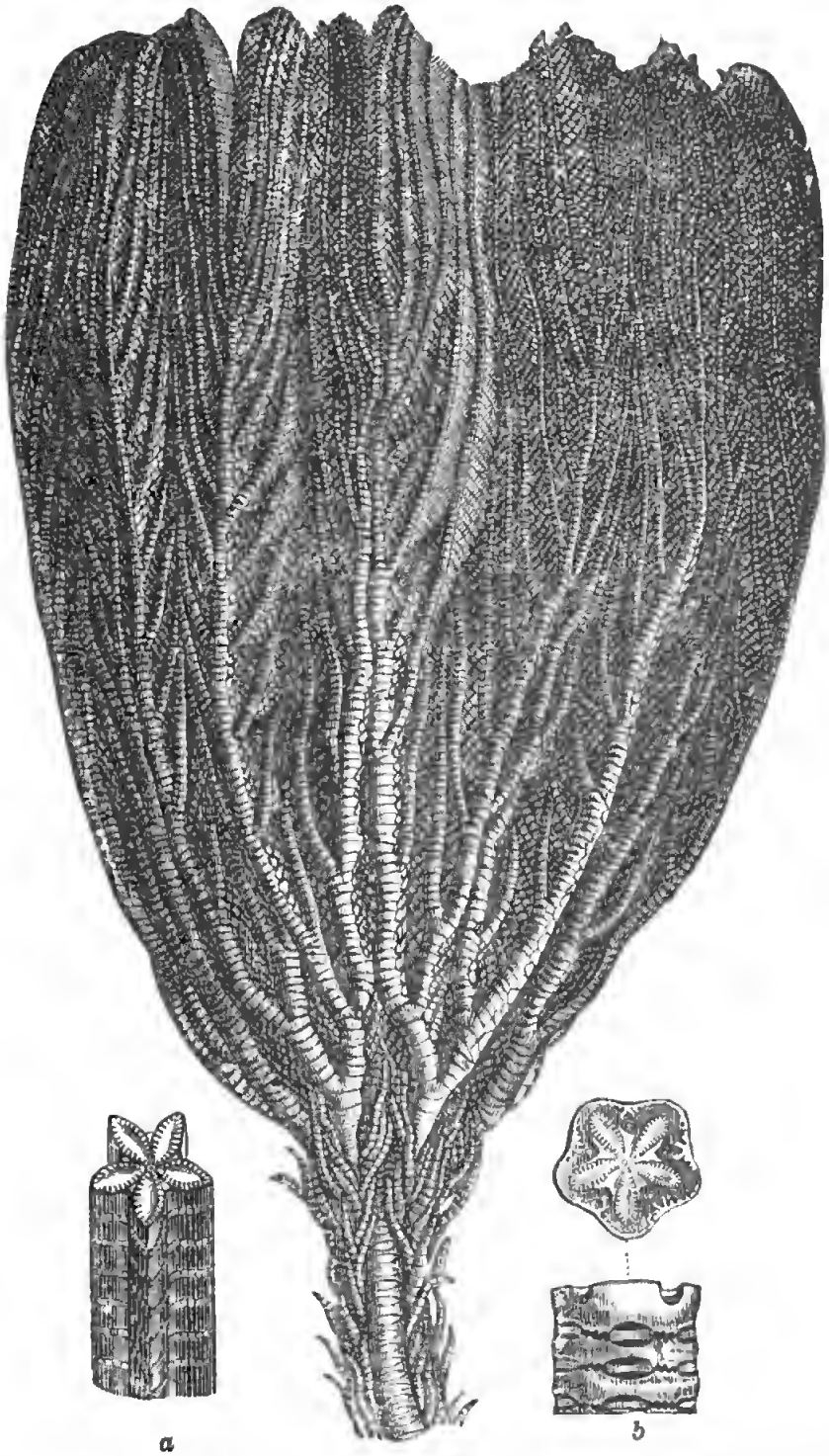


Abb. 162. Pentacrinus Briareus *Miller*. Unterer Lias. a Stielglieder von P. subangularis *Miller*. Oberer Lias. b Stielglieder von P. basaltiformis *Miller*. Mittlerer Lias.

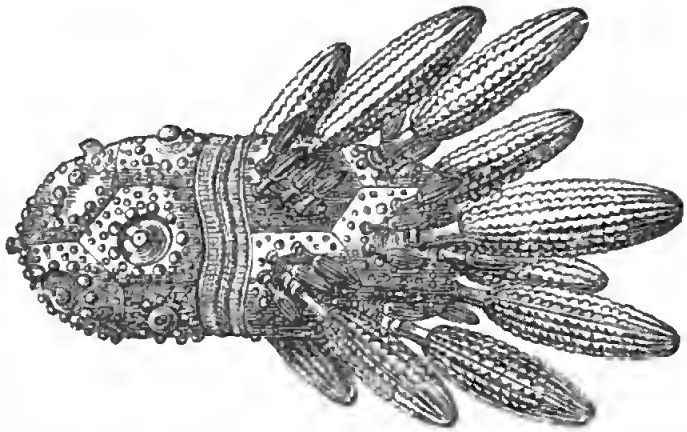


Abb. 163. Cidaris coronata *Goldf.*, aus dem Malm. Teilweise mit Stacheln besetzt, von der Seite (restauriert).

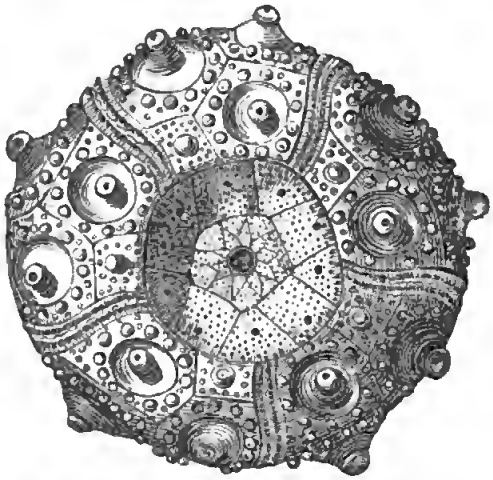


Abb. 164. Cidaris coronata *Goldf.*, von oben.

Abb. 165. Zeilleria numismalis *Lk. sp.* Mittlerer Lias.

Abb. 166. Ostraea Marshi *Sow.* (Ostraea cristagalli *Schloth.*).

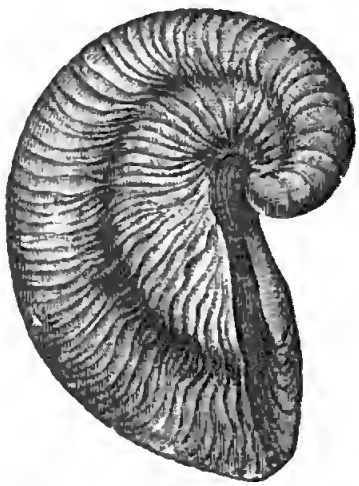


Abb. 167. Gryphaea arcuata *Lam.*

und 180). Auch Vertreter der Nautiliden finden sich. Die Arthropoden kommen in den verschiedensten Ablagerungen

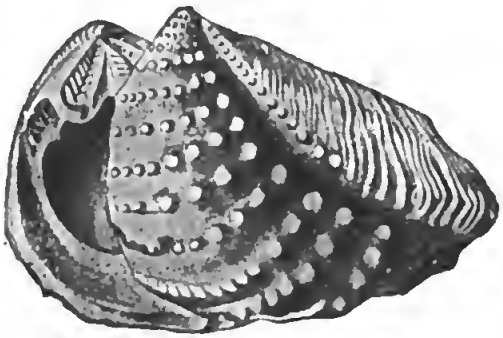


Abb. 168. Trigonia navis *Lam.*

Abb. 169. Nerinea tuberculosa *Röm.*

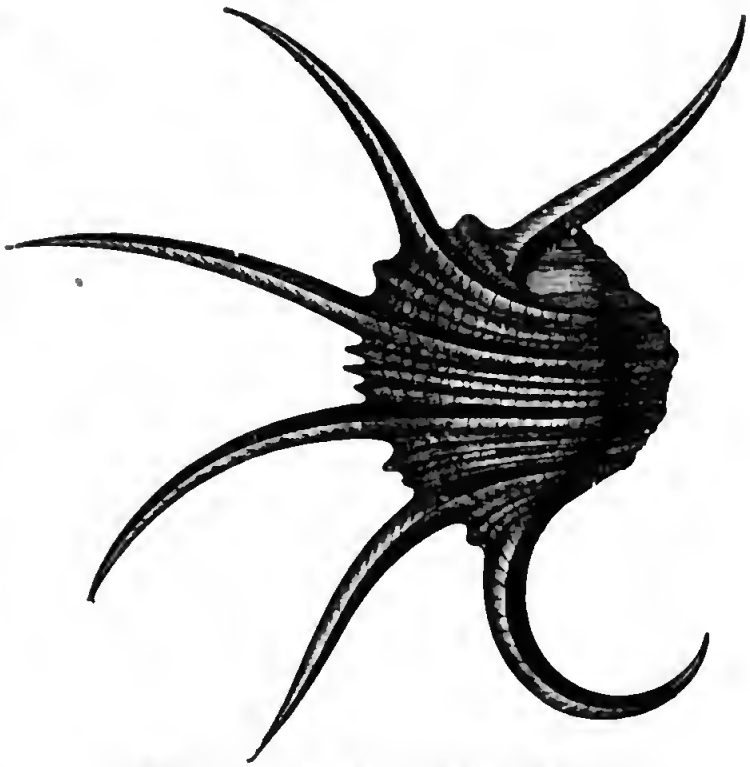


Abb. 170. Harpagodes Oceani *Brong., sp.*

des Juraſyſtems vor; Inſekten und Krebſe ſind vorzüglich in den lithographiſchen Schiefern von Solnhofen enthalten

(Aeschna, Aeger, Eryon, Abb. 181). Eine große Menge von Fiſchen belebten das Jurameer, worunter die Gattungen

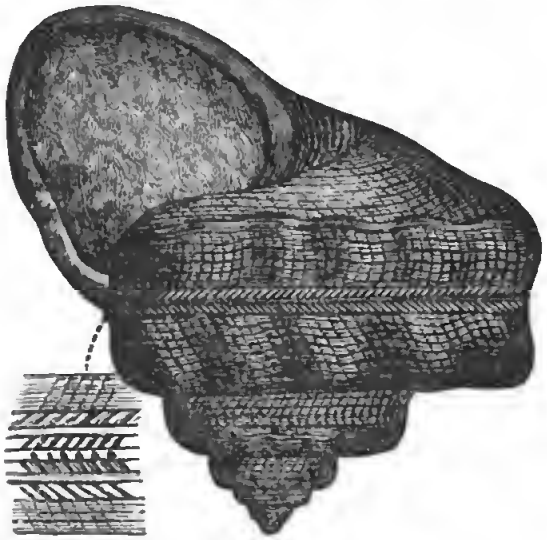


Abb. 171. Pleurotanaria anglica *Sow.*

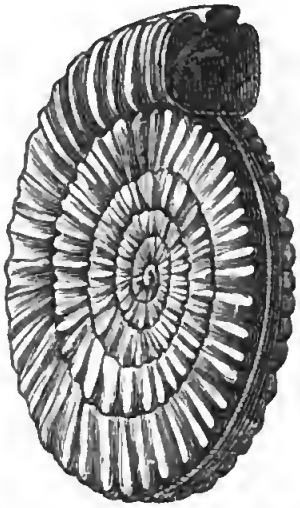


Abb. 172. Ammonites (Arietites) spiratissimus *Quenst.*

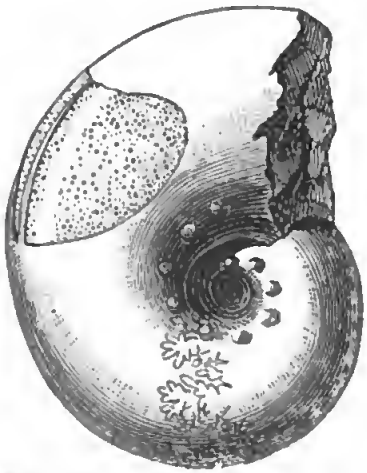


Abb. 173. Ammonites (Aspidoceras) circumspinosus *Oppel.*

Abb. 174. Ammonites (Leioceras) opalinus *Rein.*

Dapedius, Pholidotus, Caturus, Lepidotus (Abb. 182) und Leptolepis ganz beſonders nennenswert ſind. Von den

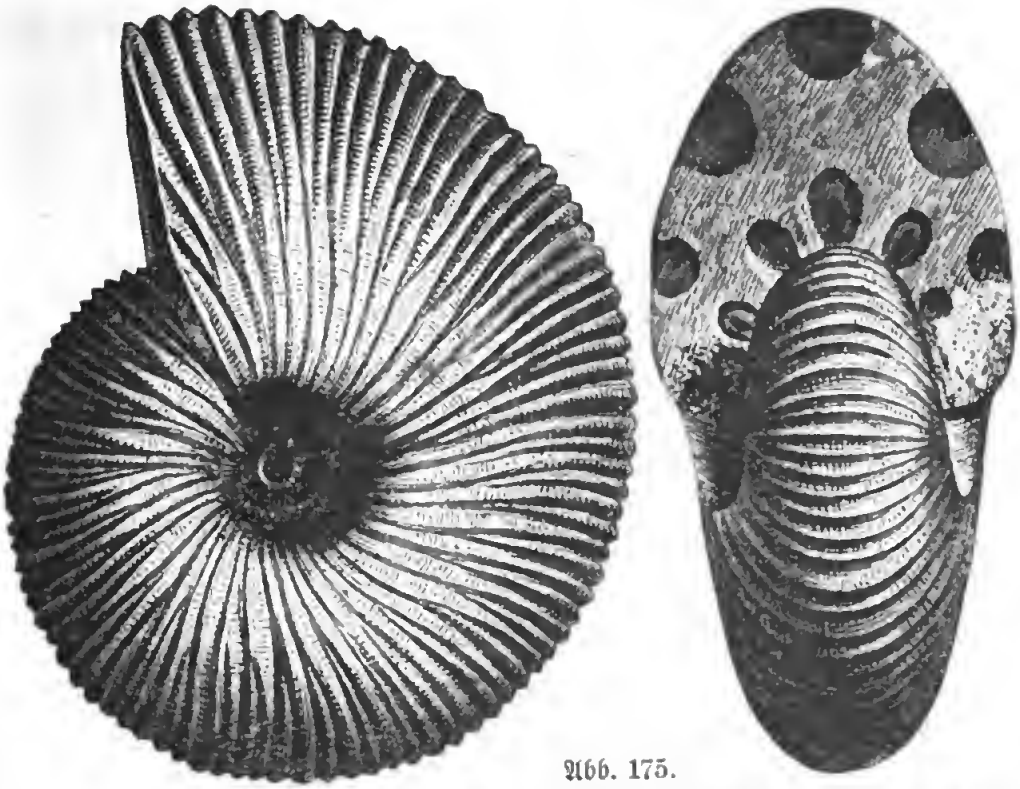


Abb. 175.

Ammonites (Macrocephalites) macrocephalus *Schloth*.

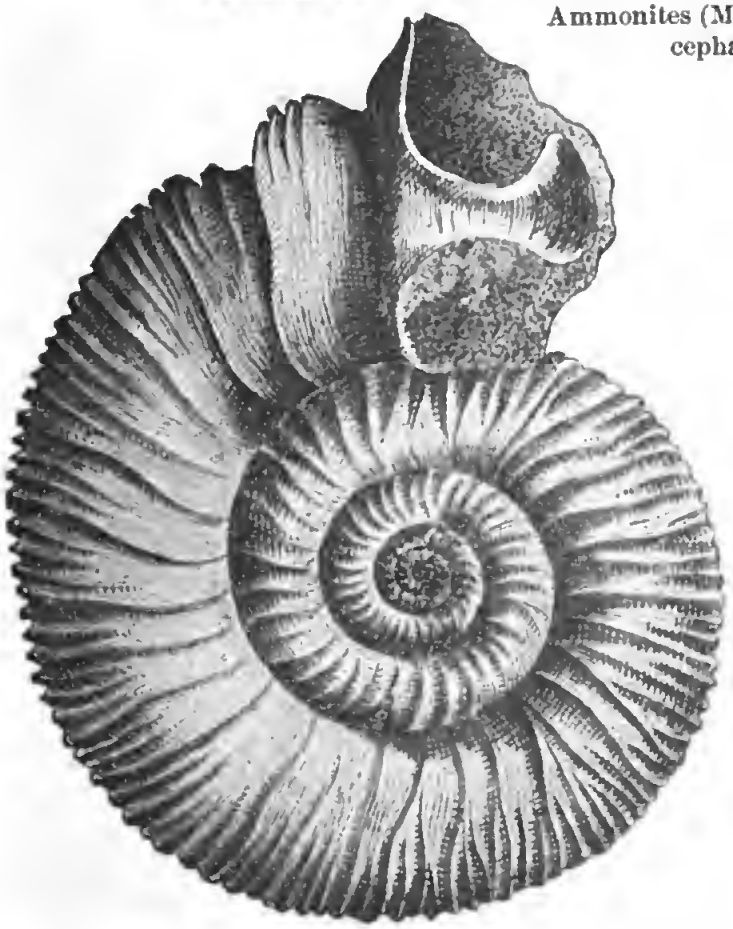


Abb. 176. Ammonites (Perisphinctes) polyplocus *Rein*.

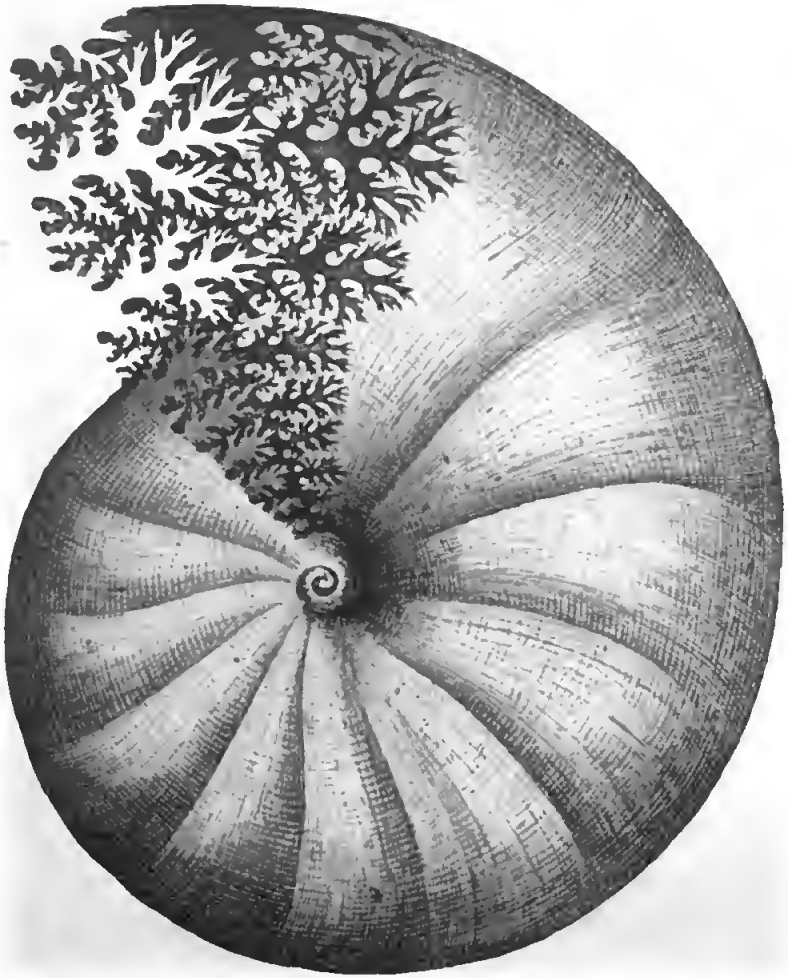


Abb. 177. Ammonites (Phylloceras) heterophyllus *Sow.*

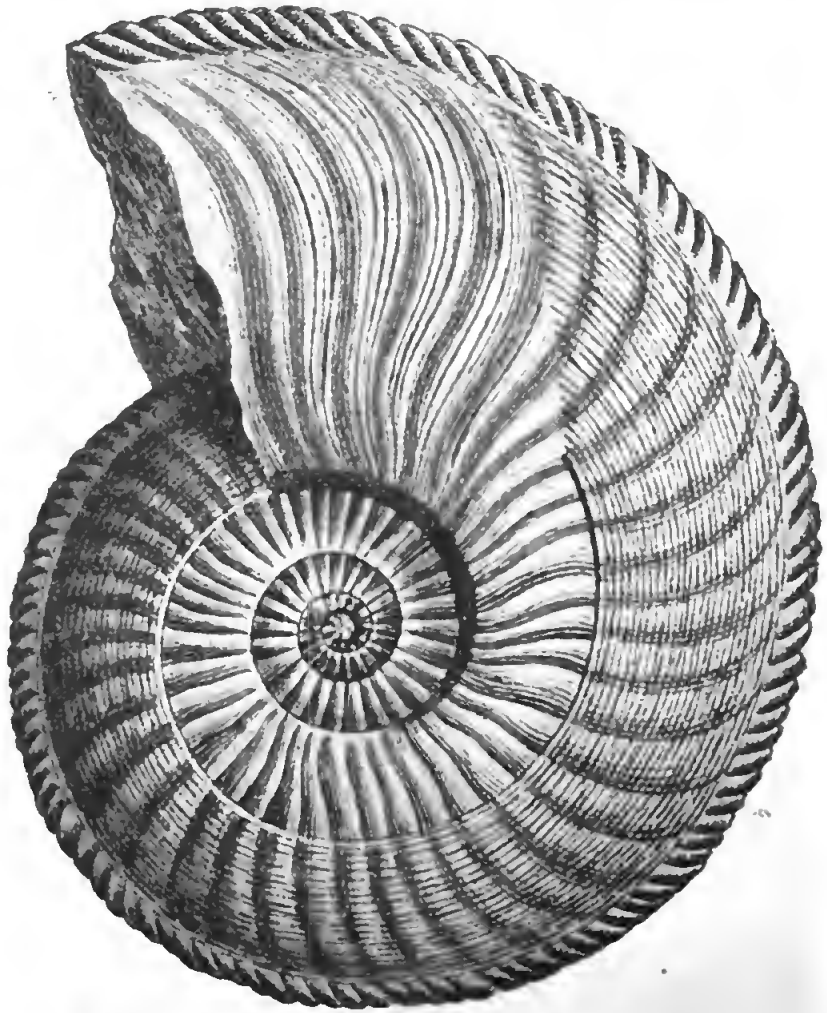


Abb. 178. Ammonites (Amaltheus) margaritatus *Montf.*

Abb. 179. Belemnites paxillosus *Schloth.*

Abb. 180. Belemnites hastatus *Blaino.*

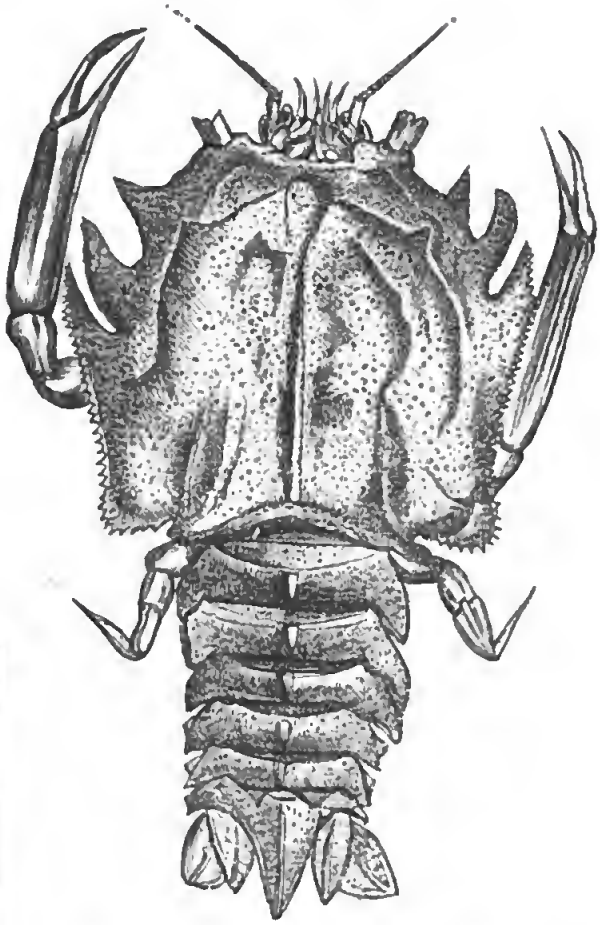


Abb. 181. Eryon arctiformis *Mstr.*, aus dem lithographischen Schiefer von Solnhofen.

Reptilien erwähnen wir die Genera Ichthyosaurus (Abbildung 183) und Plesiosaurus (Abb. 184), und die zur Unterabteilung der Dinosaurier gehörigen Compsognathus und Brontosaurus (Abb. 185), von den Flugsauriern Pterodactylus und Rhamphorhynchus (Abb. 186) und von den Vögeln schließlich Archaeopteryx, die ebenfalls, wie auch die meisten Pterodactylus- und die Compsognathus-Exemplare, aus den lithographischen

Schiefern Solnhofens ſtammt (ſiehe die dem Buche beigeheftete Tafel). Die Säugetiere, deren erſte Spuren wir in der rhä-

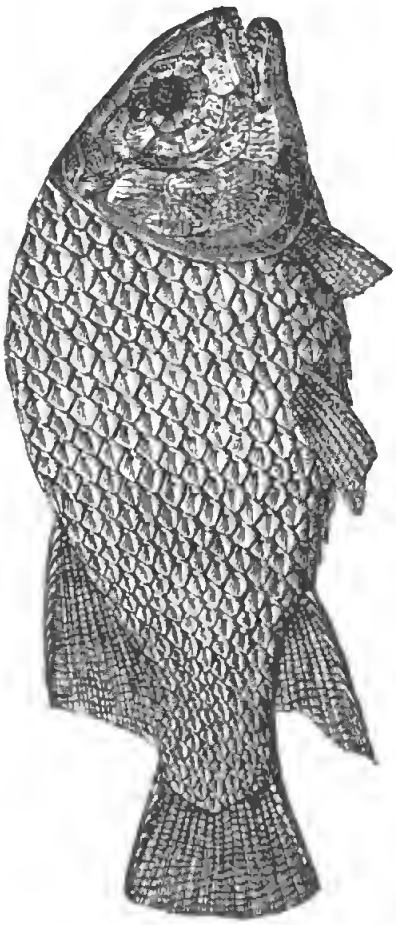


Abb. 182. Lepidotus maximus *Mstr.* (reſtauriert), aus dem lithographiſchen Schiefer von Solnhofen.

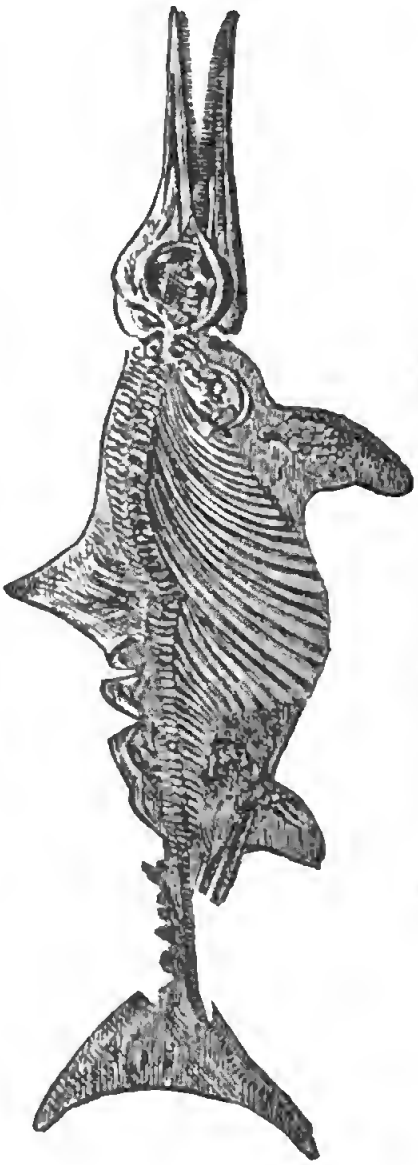


Abb. 183. Ichthyosaurus, reſtauriert nach E. Fraas.

tiſchen Stufe der Trias kennen gelernt haben, ſind vertreten durch fleiſch-, inſekten- und pflanzenfreſſende Beuteltiere (Amphitherium, Phaseolotherium).

Gliederung des jurassischen Systems.

Man teilt das jurassische System in drei Abteilungen, nämlich in den

1. Lias oder den schwarzen Jura, in den
2. Dogger oder den braunen Jura und in den
3. Malm oder den weißen Jura.

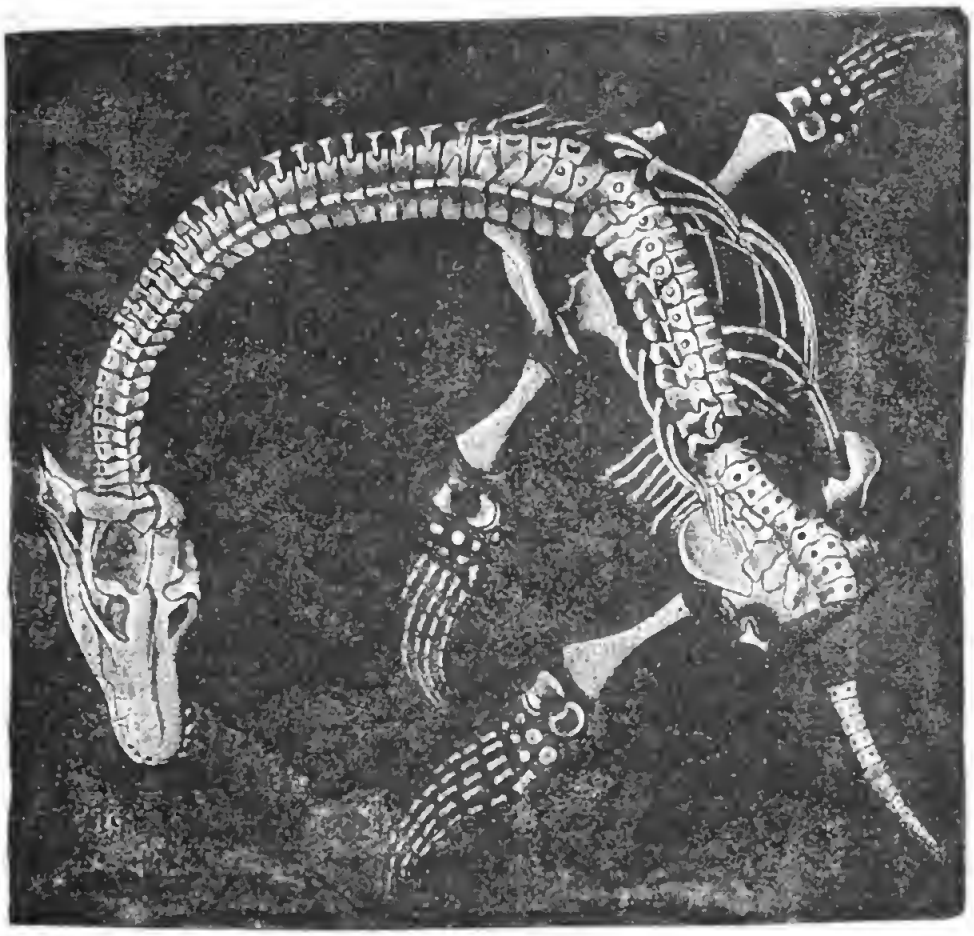


Abb. 184. Plesiosaurus.

Jede dieser drei Abteilungen zerfällt wiederum in drei Stufen, nämlich in eine untere, mittlere und obere, deren wichtigste Charaktere, mit vorwiegender Beziehung auf Deutschland, hier wiedergegeben werden sollen.

Abb. 185. Brontosaurus excelsus *Marsh.*

Der Lias.

Untere Stufe: Schwarze Kalke, fette Tone, oolithische Eisenerze, zuweilen auch Sandsteine (Luxemburg, Franken). Diese Stufe wird von den Franzosen Sinémurien genannt, von den Engländern Lower lias clay and limestone (White lias).

Mittlere Stufe: Graue Kalkmergel und Kalke, Oolithe, Eisensteine, bläuliche Tone. Liasien der Franzosen, Marly sandstone der Engländer.

Obere Stufe: Dünnschiefrige, bitumenhaltige und zuweilen öldurchtränkte Schiefertone und dünnplattige Stink- und Mergelkalke. Upper lias clay and limestone der Engländer Toarcien (zum Teil) der Franzosen.

Der Dogger.

Untere Stufe: Tone und (öfters eisenschüssige) Sandsteine vorherrschend. Zum Teil Eisensteinflöze, das obere Toarcien

der Franzosen, der Inferior oolite (zum Teil) der Engländer.

Mittlere Stufe: Reich an Kalksteinbildungen, zum Teil von oolithischem Aufbau, Tone. Oberer Teil des Inferior Oolite und Fullers earth der Engländer, Bajocien (Oolithe inférieure) der Franzosen.

Obere Stufe: Tone, Eisenkalke und Eisenoolithe, Kalkschiefer. Great Oolite und Kelloway der Engländer, Bathonien (Grande Oolithe) und Callovien der Franzosen.

Abb. 186. Rhamphorhynchus, restauriert.

Der Malm.

Untere Stufe, Oxford. Tone, Kalke, zum Teil Korallenriffe, Oolithe, dolomitische Gesteine. Oxford clay und Coralrag der Engländer, Oxfordien und Séquanien der Franzosen.

Mittlere Stufe, Kimmeridge. Tonige und oolithische Kalke, lokal Kalkschiefer (Nusplingen in Schwaben). Kimmeridge clay und untere Abteilung der Portland beds der Engländer, Kimmeridgien und unterer (resp. noch mittlerer Teil) des Portlandien der Franzosen.

Obere Stufe, als marine Ablagerung Tithon genannt; Korallenkalke (Kehlheim in Bayern), Lithographierschiefer (Solnhofen); als brackisches Sediment mit Purbeck bezeichnet, aus oolithischen Kalken (Eimbeckhäuser Plattenkalke), verschieden gefärbten (Münder) Mergeln und aus Kalken, erfüllt von Serpula coacervata (Serpulit) bestehend.

In Deutschland kennt man drei größere Juragebiete:

1. das süddeutsche Juragebiet, die jurassischen Sedimente von Elsaß-Lothringen, Baden, Württemberg und Bayern einbegreifend;

2. das nordwestdeutsche Juragebiet und
3. das oberschlesische Juragebiet.

Gliederung der Jurabildungen in Schwaben nach Quenstedt und Th. Engel.

Lias:
- α. Schichten der A. psilonotus, Malmstein mit A. angulatus, Arietenkalke mit Gryphaea arcuata (Abb. 166.).
- β. Tone mit A. Turneri.
- γ. Mergel und Mergelkalk mit A. Davoei und Zeilleria numismalis (Abb. 165).
- δ. Tone und Kalke mit A. amaltheus und A. spinatus.
- ε. Schiefer und Stinksteine mit Posidonomya Bronni, Saurierresten usw.
- ζ. Mergelkalke mit A. jurensis.

Dogger:
- α. Tone mit A. torulosus, A. opalinus (Abb. 174) und Trigonia navis (Abb. 168).
- β. Eisenoolithe mit A. Murchisonae.
- γ. Blaue Kalke mit A. Sowerbyi.
- δ. Tone und Kalke mit A. Humphriesianus und Belemnites giganteus.
- ε. Tone und zum Teil oolithische Kalke mit A. Parkinsoni, Rhynchonella varians und zu oberst mit A. macrocephalus (Abb. 175).
- ζ. Tone mit A. ornatus und A. Lamberti.

Im Malm zeigen sich bedeutende Faziesunterschiede, nämlich einerseits durchaus normal geschichtete Bildungen, die Cephalopodenfazies Engels, und wiederum massig entwickelte Gesteine, die Produkte von Schwamm- resp. Korallenbildungen, die Scyphienfazies Engels.

Die Gliederung des Malms würde sich also folgendermaßen darstellen:

Normal geschichtete Fazies.	Scyphienfazies.
α. Transversariusschichten. Tone mit Aulacothyris impressa.	1. Felsenhorizont der Alb, bald nur nesterartige Einlagerungen in der normal geschichteten Fazies, bald förmliche Riffbildungen darstellend (Lochenschichten).
β. Wohlgeschichtete Kalkmauern mit Ammonites biplex.	Schwammkalke des Heubergs.
γ. Tone resp. tonige Kalkbänke mit Ammonites polygratus, Ammonites polyplocus (Abb. 176) uff.	
δ. Dicke bläuliche Kalkbänke mit Ammonites mutabilis.	2. Felsenhorizont der Alb, am nordwestlichen Albrand (Urach, Reutlingen, Kirchheim, Geislingen) besonders entwickelt, die oberen Lagen oft dolomitisch ausgebildet. Die Schwämme meist roh verkalkt (Höhlenbildungen).
ε. Ursprüngliche Korallenkalke, in Marmor, Zuckerkorn und Dolomit umgewandelt. Eine eigentliche Schichtung fehlt daher.	3. Felsenhorizont der Alb, Nattheimer Schichten. Hauptentwickelung zwischen Brenz und Blau.
ζ. Zementmergel mit Terebratula pentagonalis.	Sogenannte „wilde Portländer" mit Breccienkorallen.
Plattenkalke mit Ammonites Ulmensis und sterapis.	Oolithe von Schnaitheim mit Sphaerodus und Gyrodus.
Lithographische Schiefer von Nusplingen.	

Die Abteilungen ε und ζ entsprechen dem Kimmeridge. Das Tithon fehlt in Schwaben.

Das jurassische System in den Alpen.

In den Alpen wird das jurassische System durch eine Reihe von Gebilden vertreten, die mehr oder weniger von den Ablagerungen außerhalb dieses Gebirges differieren.

Den Lias in den Alpen vertreten die Fleckenmergel des Algäus, die Adnether Schichten mit Cephalopoden, die Grestener Sandsteine und endlich in Südtirol und Venetien die sogenannten grauen Kalke, die Überreste einer oolitischen Flora (Zamites, Otozamites usw.) führen. Eine eigentümliche Bildung sind die Hierlatzkalke, nach ihrem Vorkommen am Hierlatzberge im Salzkammergut so geheißen, marmorartige, Krinoideen, Zweischaler und Brachiopoden führende Kalksteine, die keinen zusammenhängenden Schichtenkomplex bilden, sondern in der ganzen mediterranen Provinz des Systems (siehe unten) verbreitet sind und nur als isolierte, kaum Schichtung zeigende Kuppen dem Liegenden aufgelagert sind. Solche in der Hierlatzfazies ausgebildete Kalke sind nicht auf den mediterranen Lias beschränkt, sondern finden sich auch in den anderen Etagen des Jurasystems in der mediterranen Provinz.

Abb. 187. Terebratula (Pygope) diphya *Col.*

Der Dogger in den Alpen. In den Nordalpen gehört wohl ein Teil der Aptychenschichten genannten Gebilde hierher, dann die Vilser Brachiopodenkalke und die Klausschichten, während der Dogger im Süden der Alpenkette hauptsächlich durch die Schichten der Posidonomya alpina *Gras* vertreten wird.

Der Malm der Alpen wird zu unterst repräsentiert durch die erwähnten Aptychenschichten und die Schichten der

A. acanthicus, und darüber folgt die als Tithon bezeichnete Schichtengruppe, die in den jurassischen Sedimenten gewissermaßen dieselbe Rolle spielt wie die rhätische Stufe in der Trias. Diese tithonische Stufe ist in der mediterranen Provinz sehr verbreitet und zerfällt in zwei Unterabteilungen, nämlich in die

1. Diphyakalke, Kalksteine mit Terebratula diphya (Abb. 187) zu unterst, und in die
2. Strambergerschichten, Kalk mit A. Ptychoicus und Nerineen, zu oberst.

Die Juraprovinzen.

Man unterscheidet drei Provinzen oder bestimmt abgesonderte und durch eine eigene Fauna entwickelte Gebiete (wohl infolge von klimatischen Verschiedenheiten) in den jurassischen Ablagerungen, nämlich

1. die boreale Juraprovinz, der die Korallenbildungen abgehen, und die charakterisiert ist durch das Fehlen der Ammoniten; sie umfaßt die arktischen Gebiete der Jurasedimente.
2. die mitteleuropäische Provinz, wozu der größere Teil der Juragebilde Europas, dann diejenigen von Chile, Argentinien und Bolivia gehören, und
3. die mediterrane Juraprovinz, die den Jura der Alpen, Karpathen, Cevennen, Italiens, der Balkanhalbinsel, der Krim, des inneren Kaukasus, Kleinasiens, Madagaskars, Vorderindiens, Mexikos und Perus in sich begreift.

Die beiden letzteren Provinzen unterscheiden sich voneinander durch das Fehlen gewisser Ammonitenfamilien in einer und deren Vorhandensein in der andern Provinz.

Verbreitung der jurassischen Sedimente. In Frankreich unterscheidet man zwei Juragebiete, ein nördliches, dessen östlicher Teil sich enge an die süddeutschen Jurabildungen an-

schließt, und ein südliches, mehr im Zentrum des Landes befindliches.

In England ist das jurassische System im Osten des Landes typisch entwickelt, in der Schweiz im Juragebirge, in Österreich in den Karpathen, in Mähren und Böhmen; im Alpengebirge gehören, wie schon erwähnt worden ist, mächtige Ablagerungen hierher; in Spanien und Portugal, in Italien. Auf der Balkanhalbinsel kennen wir jurassische Schichtenreihen, im Norden im südlichen Schonen, auf Bornholm, in den russischen Ostseeprovinzen. Mächtig ist dieses System im zentralen Rußland bei Moskau entwickelt. Auch in Spitzbergen und in Grönland kommt das Jurasystem vor, ebenso in Sibirien, in Indien, in Südamerika (Bolivia, Peru und Chile) und in Nordamerika.

Die Lagerungsverhältnisse des jurassischen Systems sind vielfach gestörte; auch hier sind die Gesteinsschichten oftmals gefaltet, auf den Kopf gestellt, überkippt usw.

An nutzbaren Mineralien ist dieses System dagegen verhältnismäßig reich. Der Lias führt Eisensteine in Norddeutschland, oolithisches Eisenerz und Sphärosiderit, so bei Helmstedt, Harzburg, am Kahlenberg bei Echte und noch an vielen anderen Orten. Das bekannte Clevelandeisen Englands entstammt dem dortigen mittleren Lias, woselbst dasselbe sich als Eisenkarbonat findet. Steinkohle kennt man in dem Lias verschiedener Länder, so bei Fünfkirchen in Ungarn, in Persien und China. Auch der Dogger führt in Schwaben, Lothringen und Luxemburg Eisenerze, oolithisches Eisenerz und andere mehr, die von großem Einfluß auf die industriellen Verhältnisse dieser Länder sind. Asphalt kommt im Malm Norddeutschlands (Braunschweig und Hannover) und des Schweizer Juras vor.

Das cretaceische System (Kreide).

Das cretaceische System hat seinen Namen nach einem ihm zugehörigen Gesteine, der sogenannten Schreibkreide, erhalten, einem weißen, erdigen und abfärbenden Kalk-

stein, der fast nur aus für das unbewaffnete Auge unsichtbaren kleinen Schalen von winzigen Meerestieren zusammengesetzt ist.

Petrographischer Charakter des cretaceischen Systems.

Außer diesem Gesteine herrschen in der Kreide noch eine sehr große Anzahl anderer vor, so Sandsteine, Sandablagerungen, Kalksteine, Mergel, Tone, auch Konglomerate usw.

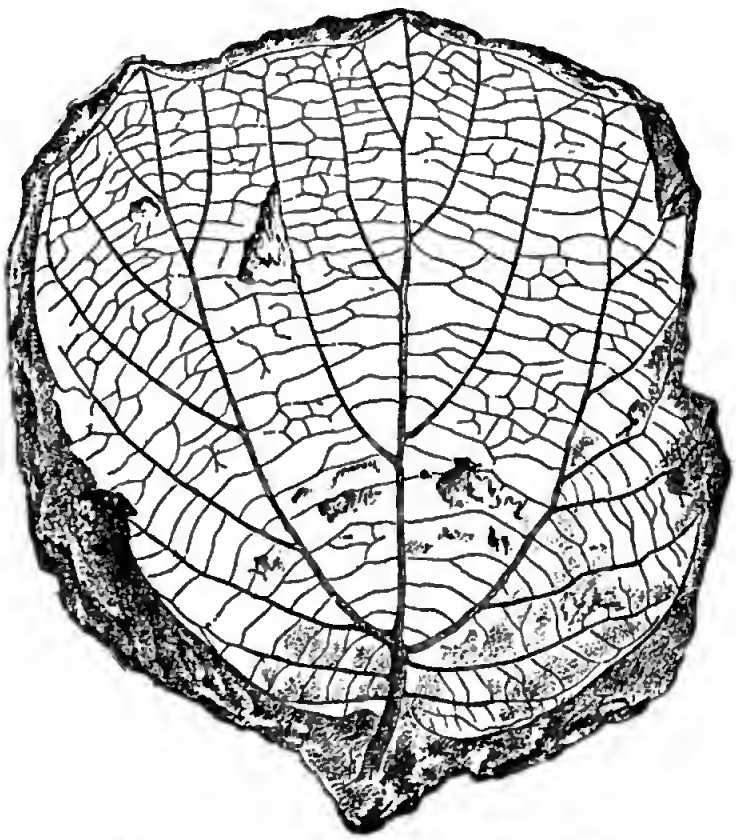


Abb. 188. Credneria triacuminata *Hampe*.

Paläontologischer Charakter des cretaceischen Systems.

Die Flora besteht in Europa zu unterst noch aus Farnen, Zykadeen und Koniferen, erst im Cenoman treten auch angiosperme Dikotyledonen auf (Credneria [Abb. 188], Debeyia, Quercus, Ficus, Salix usw.), während dieselben auf dem nordamerikanischen Kontinente schon in den unteren Kreide-

ablagerungen gefunden worden sind, und zwar in der sog. Potomakformation (Neokom und Gault).

Die Fauna. Foraminiferen (Globigerina, Textularia u. a. m.) treten hier gesteinsbildend auf, Schwämme sind in großer Anzahl und durch viele Arten vertreten (Manon, Coeloptychium [Abb. 189], Coscinopora), desgleichen die Korallen, wenn auch diese seltener sind als im Jura und auch meist nur in den oberen Abteilungen der Kreide und in den alpinen Gebieten riffbauend auftreten (Faxe auf Seeland). Besonders wichtig sind Cyclolites (Abb. 190), Micrabacia, Cladocora, Calamophyllia, Caryophyllia und andere Arten mehr. Die Krinoideen sind ebenfalls nicht mehr so reichhaltig vertreten als im Jura. Zu großer Blüte gelangen dagegen die Echiniden mit den Gattungen Cidaris, Toxaster, Discoidea, Galerites (Abb. 191), Micraster, Echinocorys (Abb. 192) usw. Die hauptsächlichsten Geschlechter der Brachiopoden sind Rhynchonella, Terebratula, Crania, Terebratella, Magas usw.; auch die Bryozoen kommen in der Kreide in Betracht, desgleichen die Würmer mit der Gattung Serpula. Die Zweischaler sind in der Kreidezeit sehr stark entwickelt gewesen. Es seien als Beispiele hier genannt Ostraea, Exogyra, Lima, Pecten, Spondylus (Abb. 193), Inoceramus (Abb. 194 und 195), Trigonia, Unio, Cyrena usw. Nicht

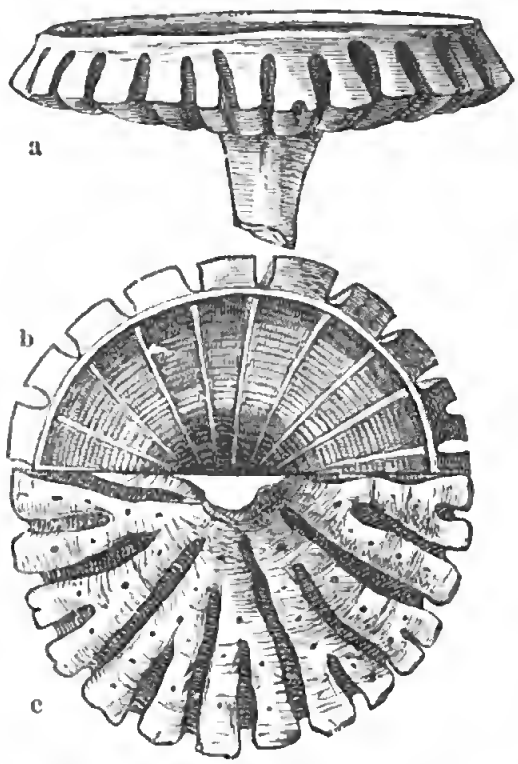


Abb. 189. Coeloptychium incisum *Römer*. a von der Seite, b von oben, c von unten. Aus dem Senon.

zu vergessen sind hier die Rudisten mit ihren Gattungen Radiolites, Hippurites (Abb. 196), Sphaerulites usw. Die wich-

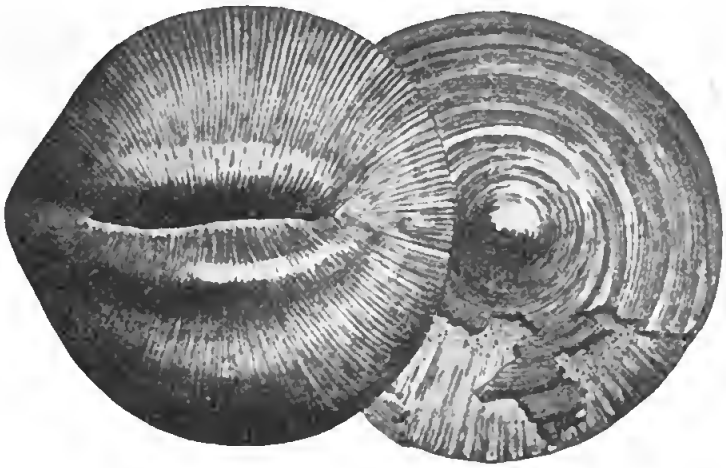


Abb. 190. Cyclolites undulata *Lk.*

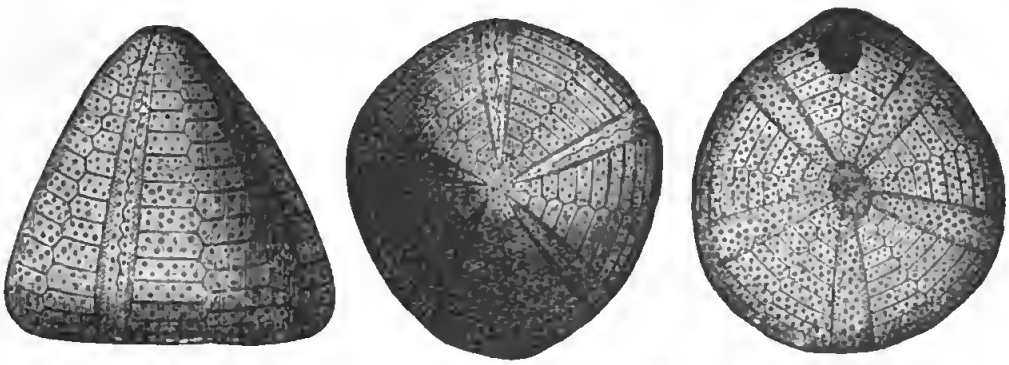


Abb. 191. Galerites albogalerus *Lam.* Aus dem Turon.

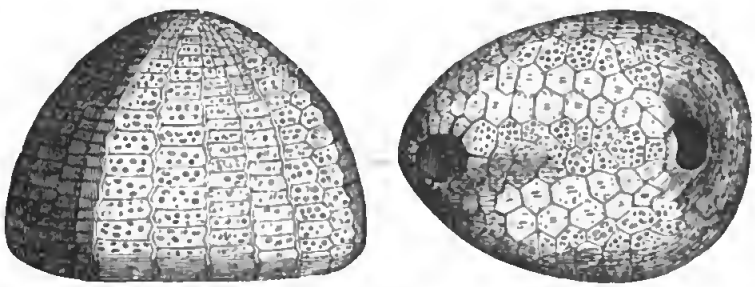


Abb. 192. Echinocorys vulgaris *Breynius* var. ovata *Lam.* Aus dem Senon.

tigsten Gastropoden sind wohl folgende: Nerinea, Turritella, Melania (Abb. 197), Paludina, Actaeonella (Abb. 198) usw.

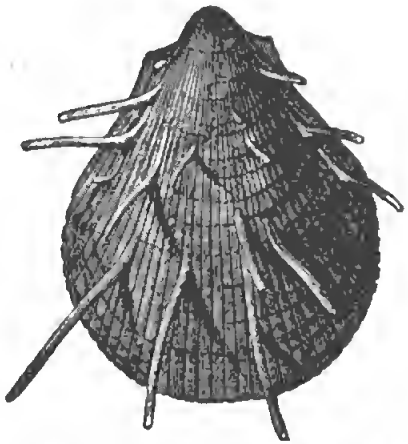
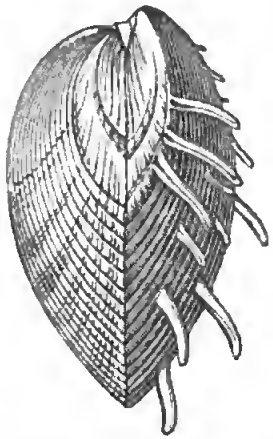
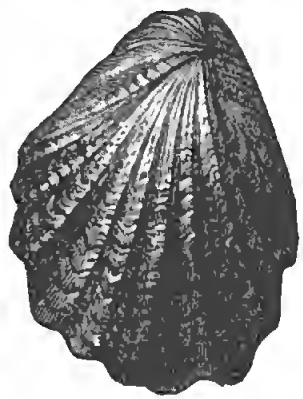


Abb. 193. Spondylus spinosus *Sow. sp.* Aus dem Turon.





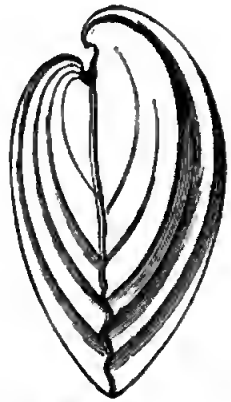
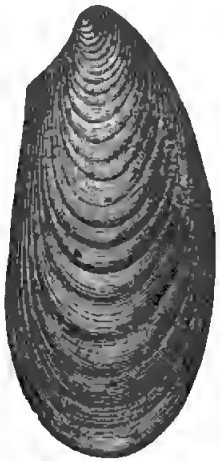


Abb. 194. Inoceramus sulcatus *Park.*
Aus dem Gault.



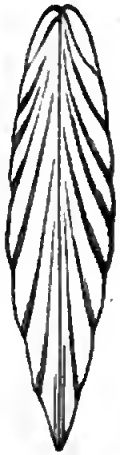


Abb. 195. Inoceramus labiatus *Brongn.*
Aus dem Turon.

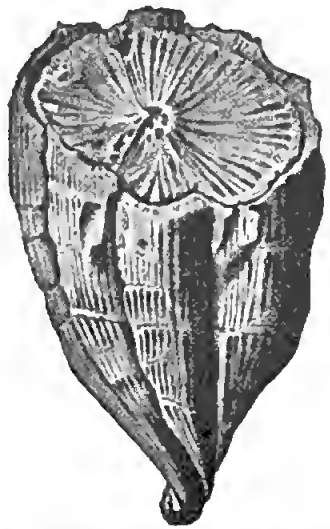


Abb. 196. Hippurites cornuvaccinum *Goldf.*

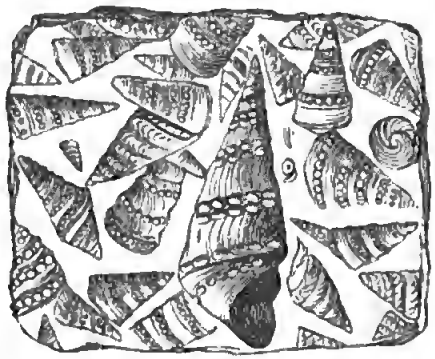


Abb. 197.
Melania strombiformis *Schloth.*
Aus dem Wealden.

Abb. 198. Actaeonella gigantea *Sow.*

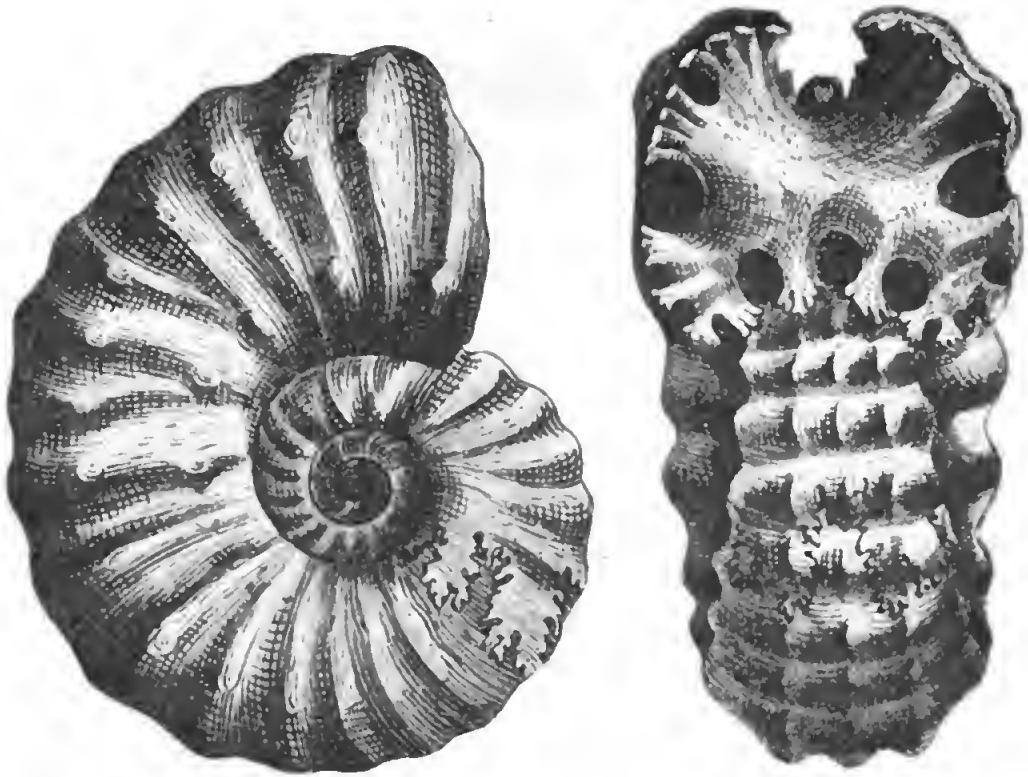


Abb. 199. Ammonites (Acanthoceras) Rhotomagensis *Defr.*

Die Cephalopoden treten noch mit einer Menge zum Teil höchſt eigentümlicher Arten auf, ſterben aber gegen Schluß der Kreideperiode zum größten Teile aus. Genannt ſeien die

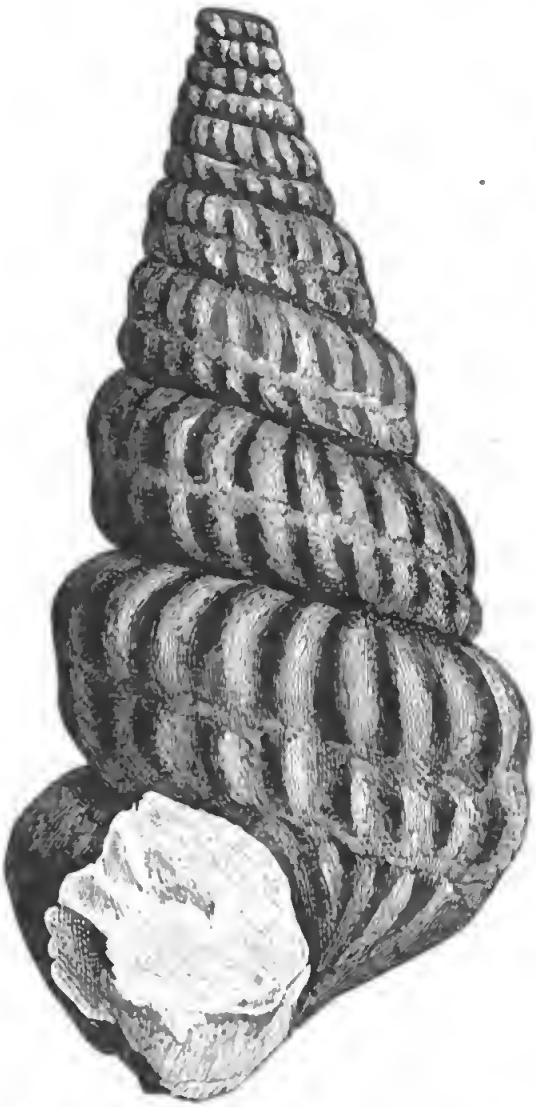


Abb. 200. Turrilites costatus *de Roissy*. Aus dem Gault.

Abb. 201. Ancyloceras Matheronianum *d'Orb*. Aus dem Gault.

Genera Acanthoceras (Abb. 199), Turrilites (Abb. 200), Ancyloceras (Abb. 201), Crioceras, Toxoceras, Scaphites (Abb. 202), Nautilus und die Familie der Belemniten mit der Untergattung Belemnitella (Abb. 203). Die Krebstiere

erscheinen mit mehreren wichtigen Gattungen (Cypris, Calianassa), auch eine Anzahl echter Krabben findet sich schon.

Die wichtigsten Gattungen der Fische sind Lepidotus, Otodus, Corax und Oxyrhina; von den übrigen Wirbeltieren müssen wir uns auf die Erwähnung der allerwichtigsten beschränken. Während die Sauriergattungen der Jurazeit bedeutend zurücktreten, finden sich neue, wenn auch weniger wichtige Formen (Mosasaurus). Wichtiger dagegen sind die Überreste der Dinosaurier (Iguanodon [Abb. 204], Megalosaurus). Von Vögeln sind zu nennen Hesperornis und Ichthyornis.

Abb. 202. Scaphites spiniger *Schlüter*.

Einleitung des cretaceischen Systems.

1. Neocom oder Hils mit dem Wealden.
2. Gault.
3. Cenoman.
4. Turon.
5. Senon.

Zwei große klimatische Fazies in den Ablagerungen des cretaceischen Systems.

Auch in den Meeren der Kreideperiode waren klimatische Verschiedenheiten vorhanden, die wir heute noch in dem paläontologischen Habitus der cretaceischen Sedimente konstatieren können. Während die Kreide des Nordens eine charakteristische Fauna von Ammoniten, Belemniten und Inoceramen führt, ist die südliche Kreide ausgezeichnet durch das massenhafte, ja bisweilen riffartige Auftreten jener eigentümlichen Zweischaler, die man schlechtweg als Rudisten

(im weiteren Sinne) bezeichnet (Requienia, Caprotina, Monopleura. Plagioptychus, Hippurites [Abb. 196], Radiolites usw.), Formen, die der nördlichen Kreide entweder ganz fehlen, oder die nur als verkümmerte Typen darin vorkommen, dann durch riffbauende Korallen, durch besondere Gastropoden (Actaeonella, Abb. 198 usw.). Die Formen der nördlichen Kreide sind dagegen wiederum in den südlichen Sedimenten dieses Systems nur mangelhaft vertreten.

Abb. 203. Belemnitella mucronata *Schloth. sp.*

So spricht man denn von einer südlichen Kreidefazies (Nordafrika, Portugal, Pyrenäen, Südfrankreich, Alpen, die vom Mittelmeer umsäumten Teile Asiens, Afghanistan, Indien, Nordamerika zum Teil, so Kolumbia, Texas, Mexiko, dann auch Westindien) und von einer nördlichen Kreidefazies (Norddeutschland, Dänemark und Schweden, England, Nordfrankreich, West- und Ostseite Nordamerikas, Alaska, Kalifornien, Nevada, Dakota, Kansas, New-Jersey).

Die nördliche Kreidefazies.

1. Das Neokom oder Hils mit dem Wealden. Man versteht darunter die unteren Glieder des cretaceischen

Systems; Neokom oder Hils werden die Meeresablagerungen jener Periode genannt, während unter der Bezeichnung Wealden oder Deister die Süß- und Brackwasserschichten der unteren Kreide verstanden werden. Leitfossilien des Neokoms sind Toxaster complanatus *Ag.*, Rhynchonella multiformis *Roemer*, Exogyra Couloni *d'Orb.*, solche des Wealden Melania strombiformis *Schloth.* (Abb. 197), Unio Waldensis u. a. m. Der Name Neokom

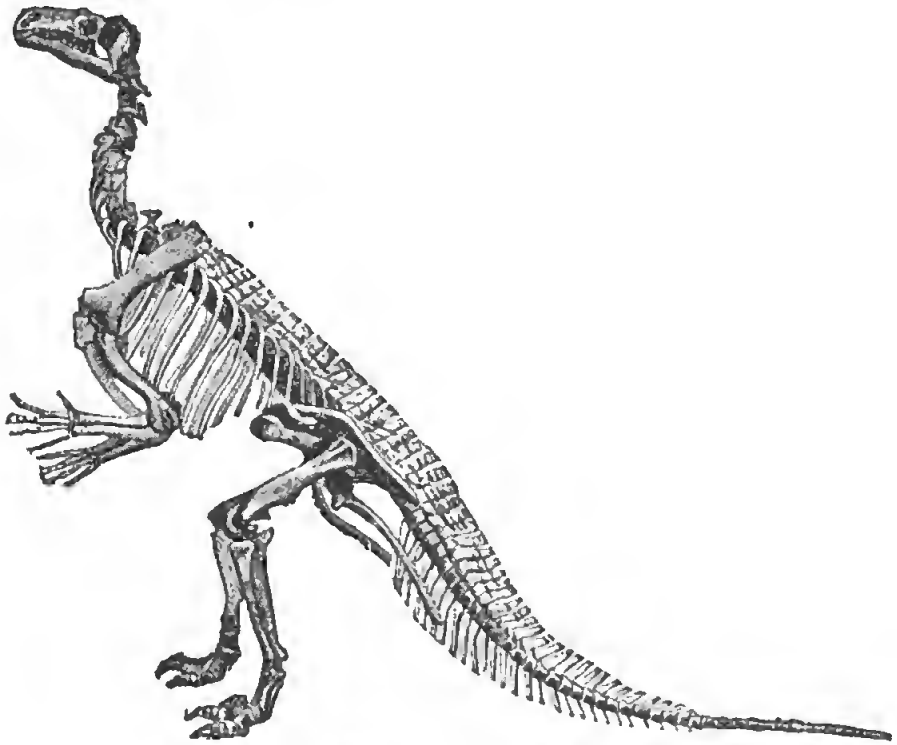


Abb. 204. Iguanodon Beruissartensis *Dollo.*

stammt von der Lokalität Neuschatel in der Schweiz, woselbst diese Ablagerung zuerst entdeckt wurde, und ist die griechische Übersetzung dieses Wortes. Die Bezeichnung Wealden kommt von der Gegend in England, woselbst man diese Schichten zuerst erkannt hat, the weald. Man nennt dieselben auch die Wälderformation oder nach der deutschen Gegend, in der sie anstehen, die Deisterformation.

Das Neokom wird in mehrere Unterabteilungen zerlegt, die Wealdenbildung trennt man in ein unteres, sandiges,

und in ein oberes, toniges Glied (Wealdensandstein und Wealdenton). Das Neokom ist allgemeiner verbreitet, während das Wealden nur an wenigen Stellen entwickelt ist, und zwar in den englischen Grafschaften Sussex, Essex und Kent, in der Nähe von Boulogne und im nordwestlichen Deutschland, und zwar in Braunschweig, Hannover und im Teutoburger Wald. Ein Profil des letzteren gibt unsere Abbildung 205.

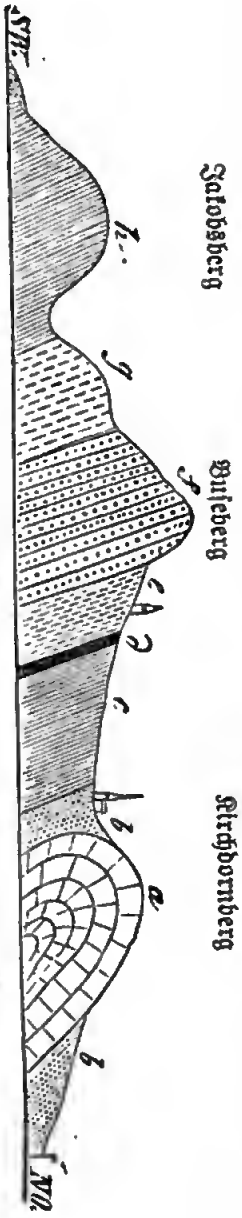


Abb. 205. Profil des Teutoburger Waldes bei Kirchdornberg. Nach Römer. a Muschelkalk, b Keuper, c Lias, d Serpulit, e Wealdenton, f Neokom- und Gaultsandstein, g Flammenmergel, h Pläner.

2. Der Gault. Im Gault herrschen die Tone und Mergel vor, während die Sand- und Kalksteine nur eine untergeordnete Rolle spielen. Zu der Gaultbildung, und zwar zu deren obersten Gliedern gehört auch das Flammenmergel genannte Gestein, ein von dunkeln Streifen durchzogener Mergel. Die Fauna des Gaults ist eine marine; hier kommen die eigentümlichen Cephalopodengeschlechter Ancyloceras, Toxoceras usw. vor. Im Norden Frankreichs zeigt sich die Gaultbildung als Sand- und Tonbildung, deren unterstes Glied das Aptien, deren oberes jedoch das Albien genannt wird. Der Gault ist eine allgemeinere und größere Verbreitung besitzende Abteilung der Kreide.

3. Das Cenoman. Auch das Cenoman ist eine marine Bildung von vorherrschenden glaukonitischen Sandsteinen, dabei von Tonen und Mergeln. Als dessen wichtigste Glieder sind zu nennen zu unterst die Schichten mit Ostraea dilu-

viana *Goldf.*, Pecten asper *Lam.*, Protocardium Hillanum *Beyr.*, dann die Schichten des Ammonites (Schloenbachia) varians *Sow.*, mit Scaphites aequalis *Sow.* usw., nach oben endlich die Schichten des Ammonites (Acanthoceras) Rhotomagensis *Defr.* (Abb. 199). Die erstgenannte Schichtenreihe tritt lokal als chloritische Sandbildung auf (Essener Grünsande). In Frankreich besteht das Cenoman im Norden aus Tonen und Sanden

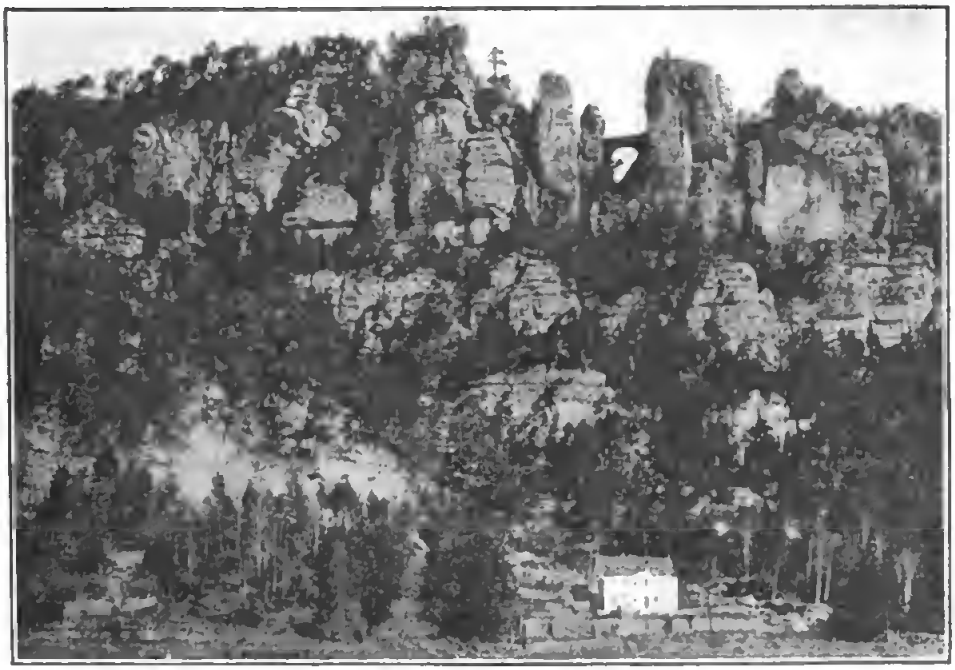


Abb. 206. Die Bastei, von der Elbe gesehen.

mit untergeordneten Kalksteinen. Die unteren Schichten, grüne Sande, mit Pecten asper, nennt man Tourtiakreide. In England ist die Hauptbildung des Cenomans der Upper greensand, im Gegensatz zum Lower greesand, der obersten Abteilung des englischen Neokoms. In Sachsen und Böhmen ist das Cenoman als mächtige Sandsteinbildung, der Unterquader oder Unterpläner, entwickelt, mit Resten von Laubhölzern (Niederschöna), zu unterst mit Lagern glaukonitischer Sandsteine, darauf der eigentliche Quadersandstein. Auch darin finden sich Ostraea diluviana, Pecten asper usw.

4. Das Turon. Hier herrschen Mergel (Kreidemergel) und Sandsteine vor. Die wichtigsten Fossilien sind Galerites albogalerus *Lam.* (Abb. 191), Inoceramus labiatus *Brongn.* (Abb. 195), Spondylus spinosus *Sow. sp.* (Abb. 193), Ammonites (Pachydiscus) peramplus *Mant.*, Scaphites Geinitzi *d'Orb.* In Sachsen und Böhmen entsprechen die mächtigen Sandsteinbildungen des Mittelquaders oder Mittelpläners sowie des Oberquaders (Iserſandstein) mit dem Überquader dem Turon. Man unterscheidet von unten nach oben vier Stufen in diesen Schichten, nämlich

die Stufe des Inoceramus labiatus (Mittelquader, Bildhauersandstein),

die Stufe des Inoceramus Brongniarti (Oberquader, Iserſandstein usw.),

die Stufe des Scaphites Geinitzi (Mergel und Tone),

die Stufe des Inoceramus Cuvieri (Tonmergel, Überquader).

Die Bergformen des Quadersandsteins in Sachsen und Böhmen sind durch ihre Schönheit berühmt (Sächsisch-Böhmische Schweiz (Abb. 206).

Die Turonbildungen haben allgemeine Verbreitung.

5. Das Senon. Der petrographische Charakter des Senons besteht aus Kreidekalken, Kreidemergeln, Schreibkreide mit Feuersteinen, aus Kreidetuff, einem lockeren, meist aus Bryozoen und Foraminiferen bestehenden Kreidemergel, aus Sanden, tonigen Kalk- und Sandsteinen.

Gliederung des Senons in Nordwestdeutschland (und im Baltikum).

(Von unten nach oben.)

Emscher- oder Westfalikuskreide mit Actinocamax westfalicus, Micraster coranguinum usw.	Unterſenon.
Granulatenkreide mit Actinocamax granulatus.	
Quadratenkreide mit Actinocamax quadratus.	

Mukronatenkreide mit Belemnitella mucronata. Belemnitenfreie Kreide oder Daniakreide.	Obersenon.

Die Fauna des Senons ist ungemein reich an Foraminiferen, Spongien, Seeigeln, Bryozoen, Brachiopoden und Mollusken. Bei Faxe auf Seeland kennt man senone Korallen- und Bryozoenriffe. Bei Maastricht finden sich an 30 m mächtige leicht zerreibliche obersenone Kalkmergel, die schon im Altertum abgebaut worden sind (Kreidetuffe von Maastricht). Auch der Pisolithenkalk von Paris, ein eisenschüssiger, oolithisch oder aus abgerollten Muschelteilchen gefügter Kalkstein gehört in das obere Senon. Wichtige Senonbildungen Europas sind entwickelt in Nordwestdeutschland (Aachener Gegend, Westfalen, Baltikum, Hannover und Braunschweig), in Skandinavien (südliches Schweden, dänische Inseln), in England (bei Dover, Brighton, Folkestone, Insel Wight [Chalk with flints], in Nordfrankreich (bei Paris, im Cotentin), im Osten Oberschlesiens (Sandsteine von Oppeln), in Polen usf.

Die südliche Fazies des cretaceischen Systems.

Zu den tiefsten Ablagerungen derselben gehören die den Übergang zwischen dem Malm und der Kreide vermittelnden Berriasschichten, etwa unteres Neokom (Alpengebiet Südfrankreichs, westliche Kalkalpen). Eine weitere wichtige Stufe (oberes Neokom) wird durch die Barrêmeschichten mit Crioceras Emerici und anderen aufgerollten Ammonitenformen repräsentiert. Äquivalente derselben sind die Wernsdorfer Schichten in den Karpathen. Zum Gault zu rechnen sind die Schrattenkalke der Alpen, mit den als Karren oder Schratten bezeichneten Auswitterungsformen, und mit Kaprotinen (Caprotina ammonia, Requienia Lonsdalei usw.), dann die Orbitulinenschichten, erfüllt von einer Foraminifere, Orbitulina lenticularis, und die Gargasmergel der Drôme und der Basses-alpes. Die Sewen-

schichten (nach dem Dorfe Sewen bei Schwyz so genannt), in der Schweiz mergelig, weiter im Osten (Allgäu, Vorarlberg) kalkig entwickelt, vertreten in den ebengenannten Arealen die obere Kreide bis in das Senon, die Gosauschichten (nach der Gosau im Salzkammergut benannt), in den Reichenhaller und Salzburger Alpen Turon und Untersenon. Dieselben sind durch einen großen Reichtum an Korallen (Cyclolites undulata *Lk.*, Abb. 190), Rudisten und Aktäonellen ausgezeichnet (Untersberger Marmor). In diese Stufen gehören dann auch die gewaltig entwickelten Rudistenkalke der Südalpen, Dalmatiens, Griechenlands, Kleinasiens, Persiens, des Himalaya usw. Die Cosinaschichten oder die liburnische Stufe Dalmatiens und Krains sind Brack- und Süßwasserbildungen (zum Teil kohlenführend), die auf den Rudistenkalken liegen. Ein Teil der Flyschbildungen in den Ostalpen und der Wiener Sandstein im Wiener Wald dürften ebenfalls in das Senon gehören. Über die weitere Verbreitung der südlichen Kreidefazies ist schon früher das Nötige gesagt worden.

Die Eruptivgesteine fehlen fast gänzlich in dem cretaceischen System; wo die Kreideschichten von solchen durchsetzt wurden, wie z. B. in der Sächsischen Schweiz und in den Karpathen, da gehören die eruptiven Massen fast durchweg einer späteren Zeit an.

Die nutzbaren Mineralien des cretaceischen Systems beschränken sich auf das Vorkommen von Phosphoriten im Gault und Cenoman Frankreichs, Englands, Podoliens und Innerrußlands (Smolensk), von Steinkohle im Deister Hannovers, von Eisenoolith an verschiedenen Punkten Frankreichs, von Asphalt im Kanton Neuschatel in der Schweiz (Presta bei Travers), bei Bentheim in Westfalen, und schließlich von Strontianit in den Senonschichten derselben Provinz, in der Gegend von Münster und Lippe.

Vierzehnter Abschnitt.

Die känozoische Ära.

Das tertiäre System.

Mit dem Beginne der känozoischen Zeit fangen gewisse Tier- und Pflanzenformen, deren erstes Auftreten noch in die mesozoische Ära fällt, an, sich mächtig zu entwickeln, die ganze Tier- und Pflanzenwelt trägt schon zum Teil den Charakter der heutigen an sich und ist viel mehr individualisiert, als dies in der mesozoischen Zeit der Fall gewesen war. Hingegen verschwinden wieder große Pflanzen- und Tierfamilien völlig von der Erdoberfläche, die in den mesozoischen Sedimenten zu bedeutender Entfaltung gelangt waren, wie z. B. die Ammoniten, die Rudisten, die Inoceramen usw. Je mehr wir in die höheren Schichten des Tertiärs gelangen, um so mehr Tier- und Pflanzenformen, die mit den heutzutage auf der Erdoberfläche vorhandenen sehr nahe verwandt oder gar identisch sind, treffen wir in denselben an.

Da im Tertiär schon bedeutende klimatische Unterschiede sich geltend gemacht haben, die gleichalterigen Ablagerungen daher in den verschiedensten Fazies entwickelt sind, so ist es bei dem beschränkten Raum, über den wir hier gebieten, nur möglich, die allerwichtigsten Glieder dieses Systems hervorzuheben.

Der petrographische Charakter des Tertiärs ist ein ziemlich einförmiger. Es kommen hier in Betracht Sandablagerungen, Sandsteine, Kalksteine, Tone und Mergel, Quarzite, Gerölle und Konglomerate.

Die Flora des Tertiärs. Als besonders wichtig sind zu nennen Nadelhölzer und Palmen, ferner die zu mächtiger Entwickelung gelangten angiospermen Dikotyledonen. Die Kryptogamen der paläozoischen Zeit fehlen fast ganz, auch die Zykadeen der mesozoischen Systeme sind schon selten geworden.

Die Fauna des Tertiärs. Zwischen derselben und jener der mesozoischen Zeit besteht der schon erwähnte Hauptunterschied, daß noch jetzt vorhandene Formen im Tertiär erscheinen und die Wirbeltiere, ganz besonders die Säugetiere, stark entwickelt sind. Foraminiferen finden sich in großer Menge, die Schwämme werden selten, doch kennen wir wohl nur erst wenige Schwammformen des Tertiärs, da wir mit wenigen Ausnahmen noch keine Kunde von Tiefseeablagerungen der Tertiärzeit haben. Auch die Korallen treten, was die Menge ihres Vorkommens betrifft, zurück, ebenso die Echinodermen, von denen meist nur noch die Echiniden vorwalten; das Gleiche läßt sich von den Brachiopoden sagen, die überhaupt von nun an seltener werden. Die Gastropoden und Zweischaler sind zu reicher Entfaltung gelangt; von den in der mesozoischen Zeit so ungemein reich vertretenen schalentragenden Cephalopoden finden sich nur noch sehr wenige Arten, darunter Nautilus. Die Arthropoden sind durch alle ihre heute noch lebenden Abteilungen, mit nur wenigen Ausnahmen, vertreten. Fische, namentlich auch Haifische, kommen in vielen Arten vor, ebenso Vögel.

Die Einteilung des Tertiärs

beruhte früher auf dem Prozentverhältnis der noch lebenden Molluskenarten zu den ausgestorbenen; es ist daher eine Dreiteilung des Systems in folgende Abteilungen aufgestellt worden:

Eozän (keine der jetzt noch vorhandenen Molluskenarten),
Miozän (etwa 10 bis 40 % noch lebende Spezies),
Pliozän (etwa 40 bis 90 % noch lebende Spezies).

Diese Einteilung hat sich jedoch nicht als ganz praktisch erwiesen, und man hat sich genötigt gesehen, mit Beyrich noch eine weitere, 4. Abteilung zwischen die 1. und die 2. einzuschieben, die man Oligozän genannt hat. Die heutige Einteilung wäre demnach folgende:

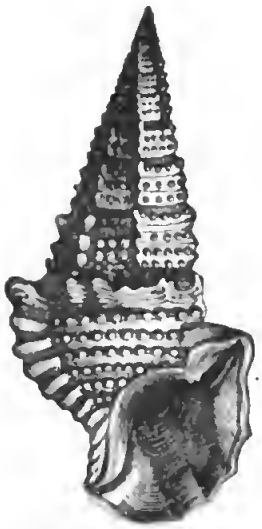


Abb. 207. Cerithium hexagonum *Brongn.*
Aus dem Pariſer Grobkalk.

Abb. 209. Crassatella ponderosa *Nyst.*
Aus dem Pariſer Grobkalk.

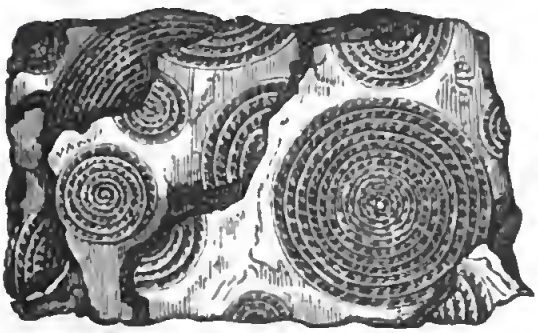


Abb. 210. Nummulitenkalkſtein.

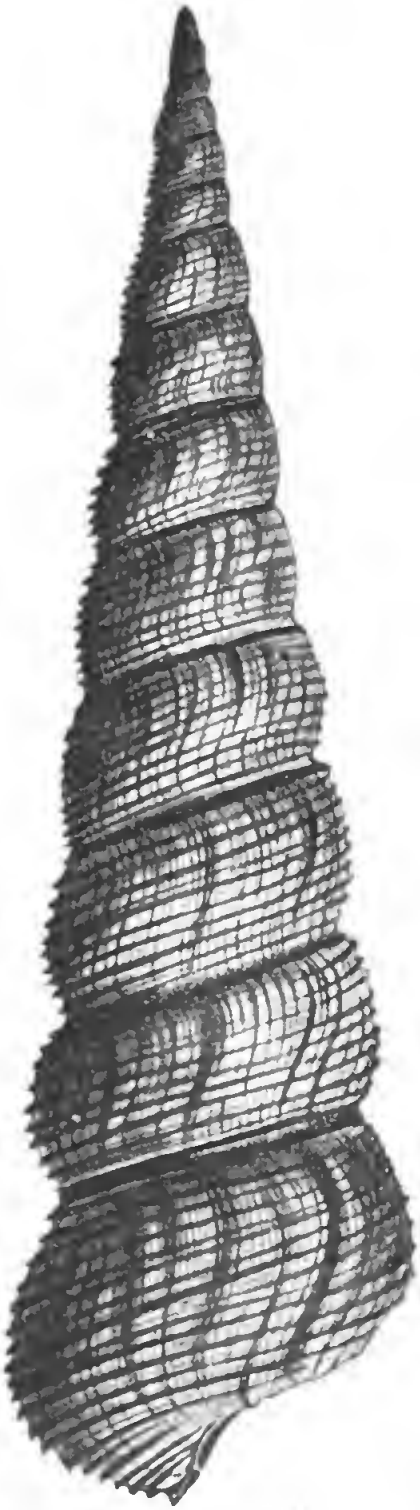


Abb. 208. Turritella sulcifera *Desh.*

Eozän Oligozän	Alttertiär,
Miozän Pliozän	Jungtertiär.

Eozän und Oligozän werden von manchen Geologen auch als Nummulitensystem, Miozän und Pliozän dagegen als Molassesystem zusammengefaßt.

Das Eozän.

Die wichtigsten zum Eozän gehörigen Bildungen sind die Ablagerungen Englands, deren untere Stufen die Sande von Thanet und die Woolwich- und Reading-Series repräsentieren, das Paleozän, erstere mariner, die letzteren partiell brackischer Natur. Darauf folgen als wichtigste Glieder des Mitteleozäns der Londonton und der Bagshotsand mit mariner Fauna und den eingeschwemmten Überresten von Landpflanzen und von Landtieren. Das Obereozän ist in den Bartontonen und Sanden, mächtigen marinen Bildungen, entwickelt. Nicht minder wichtig als die englischen Ablagerungen sind die Eozänbildungen Belgiens und des Seinebeckens, letztere abwechselnde brackische und Süßwassersedimente, aus Sanden, Tonen und Kalksteinen (Pariser Grobkalk) bestehend. Die eben genannte Bildung führt eine Menge Fossilien, wovon besonders bemerkenswert sind gewisse Foraminiferen, wie die Milioliden und Nummuliten, die förmlich gesteinsbildend auftreten, dann eine große Menge Gastropoden (Cassis, Cerithium Abb. 207, Turritella Abb. 208, Conus Fusus u. a. m.) und Zweischaler (Crassatella Abb. 209, Cardium, Venericardia, Chama, Lucina usw.) sowie die ersten Spuren von plazentaren Säugetieren. Auch im Untergrunde Kopenhagens stehen ältere Eozänablagerungen an, ebenso wurden solche in einem Bohrloch von Lichterfelde bei Berlin in 333 bis 340 m Tiefe erschrotet. Im arktischen Norden ist das Eozän stark entwickelt (Spitzbergen, Island, Grönland, Grinnelland) mit Resten

einer Flora, die ein sehr viel wärmeres Klima erforderte, als es heutzutage dort vorhanden ist.

Im Süden ist das Eozän in der Nummulitenfazies entwickelt und erreicht in dieser Ausbildung eine sehr große Ausdehnung in den Alpen, den Apenninen, den Karpathen, Pyrenäen, in Griechenland und in der Türkei, in Spanien, in Kleinasien, in Ägypten, Algier, Persien, Ostindien usw. Meist sind die Nummuliten führenden Kalksteine hart, von heller oder von dunkler Farbe, dicht oder tonig oder auch sandig und oftmals so sehr von Nummuliten erfüllt, daß förmliche Nummulitenkalke (Abb. 210 bis 212) entstehen. Die in

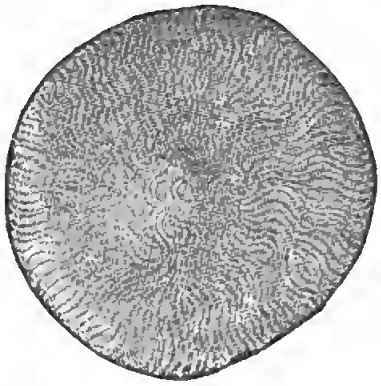


Abb. 211. Nummulina. Äußere Ansicht.

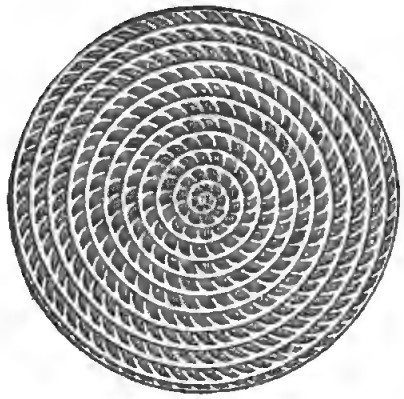


Abb. 212. Nummulina. Horizontaldurchschnitt durch die Schale.

den Nummulitenbildungen auftretenden Nummuliten gehören sehr verschiedenen Spezies an; es seien hier nur einige der wichtigsten Formen, Nummulina planulata, N. Raimondi, N. Puschi, N. laevigata, N. Gizehensis, genannt. In den Ablagerungen der Nummulitenfazies finden sich neben diesen Foraminiferen noch Gastropoden, Pelecypoden, Seeigel, überhaupt die verschiedensten Fossilien.

Eine andere Faziesentwickelung des Eozäns in den Alpen ist die Flyschbildung. Unter Flysch versteht man eine besondere Art von tonigem Schiefergestein, dünnblättrige Mergelschiefer mit Zwischenlagen von kalkigen Sandsteinen und von Konglomeraten. Dieser Flysch führt zahlreiche

Überreste von Fucoiden, von Meeresalgen, von denen einige häufigere Formen in Abbildung 213 gegeben sind. Die Flyschbildung, die oftmals, wie auch die Nummulitenbildung,

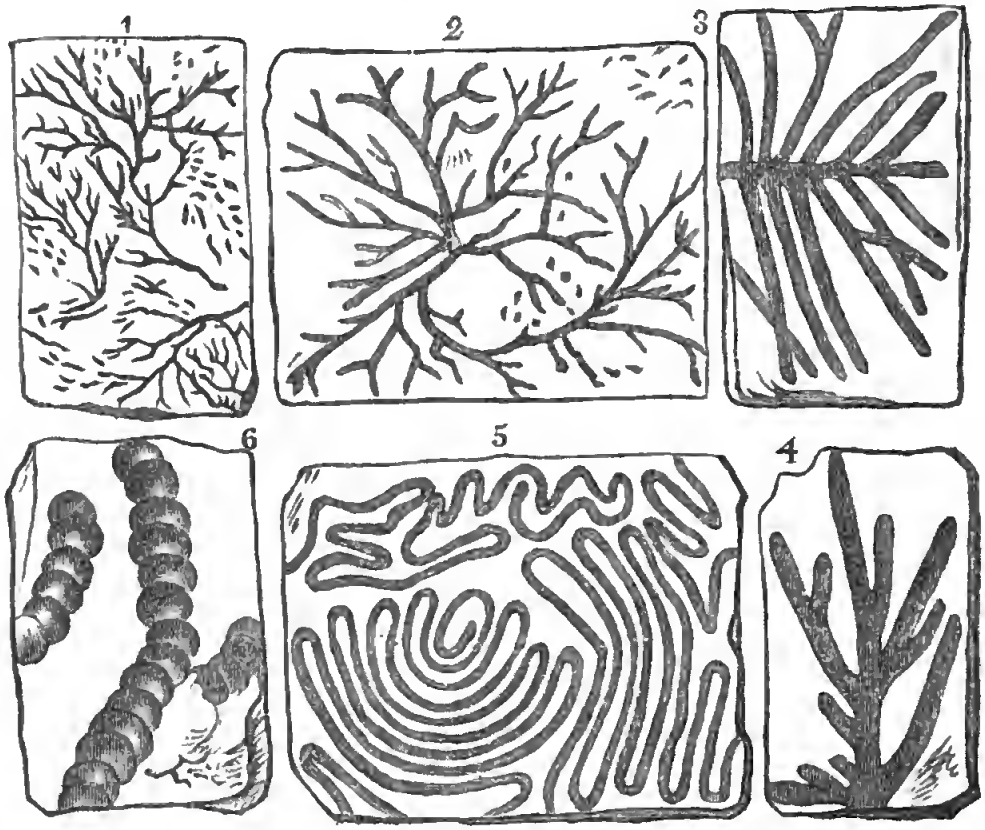


Abb. 213. 1. Chondrites intricatus *Sternb.* 2. Chondrites Targionii *Sternb.* 3. Chondrites patulus *F. O.* 4. Chondrites inclinatus *Brong.* 5. Helminthoidea labyrinthica *Heer.* 6. Muensteria annulata *Schaf.* = Taenidium Fischeri *Heer.*

mehrere hundert Meter Mächtigkeit erreicht, ist übrigens nicht durchaus zum Eozän zu rechnen. Nach neueren Untersuchungen gehört ein Teil davon der oberen Kreide an.

Das Oligozän.

Auch hier seien zuerst die englischen Oligozänablagerungen genannt, die ebenfalls, wie die daselbst ausgebildeten Eozänschichten, aus Sanden, Mergeln und Tonen bestehen und teils

brackische teils marine Sedimente repräsentieren. Zu oberst finden sich auch Braunkohlenbildungen.

Im Seinebecken folgt auf die eozänen Ablagerungen eine Reihe von Sedimenten, wovon das oberste und das unterste als Ablagerungen aus Süßwasser, das mittlere Glied jedoch als marine Bildung aufzufassen ist.

Die unterste dieser beiden Süßwasserbildungen nennt man die Gruppe der Süßwasserkalke und der Gipse. Sie besteht aus Mergeln und Kalken von heller Farbe und ist oftmals reich an kieseligen Beimengungen. In den Mergeln

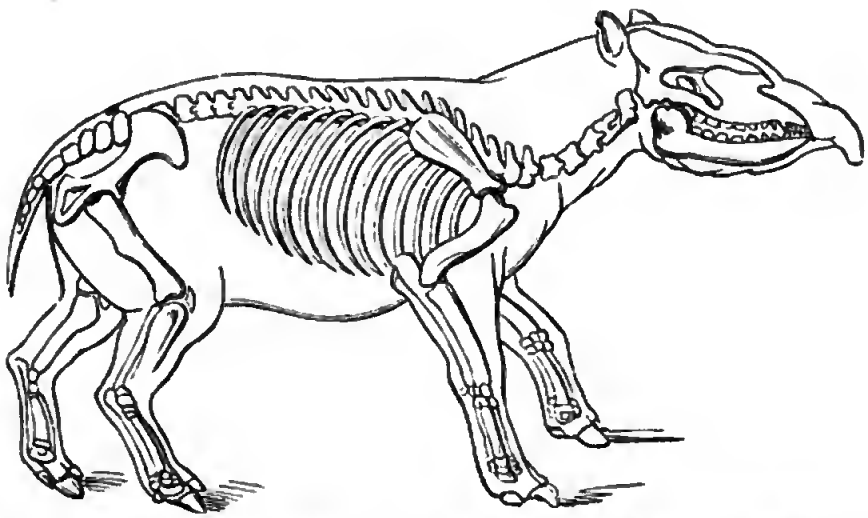


Abb. 214. Palaeotherium magnum *Cuv.* Aus dem Gipse vom Montmartre (restauriert).

finden sich Strontianitnieren, und in den Gipsmergeln (Montmartre) dieser Abteilung kommen die berühmten Zwillingskristalle von Gips und die ebenso bekannten Menilitknollen vor, dabei auch die Knochen des Anoplotherium und des Palaeotherium (Abb. 214).

In der mittleren, sandigen und marinen Ablagerung finden sich als Hauptfossilien Zweischaler und Gastropoden (Cyrena, Corbula, Ostraea, Aporrhais, Fusus usw.) und die berühmten als kristallisierter Sandstein von Fontainebleau bekannten Pseudomorphosen.

Die obere, zweite Süßwasserbildung besteht aus dem Kalkstein der Beauce und den Mühlsteinen (meulières) von Montmorency, zu unterst Schichten mit Limnaeus, zu oberst der sogenannte Helicitenkalkstein, ein Mergelkalk mit Helix.

In der Schweiz tritt das Oligozän als untere Meeresmolasse und untere Braunkohlenbildung auf, erstere eine mergelige Sandsteinbildung mit denselben Leitfossilien wie in den mitteloligozänen Bildungen Frankreichs, Englands und Norddeutschlands (Cerithium plicatum [Abb. 215], Cyrena semistriata), die letztere Bildung aus dem Nagelfluh genannten Konglomerate, aus Sandstein (sogen. rote Molasse), Mergeln usw. bestehend, mit Braunkohlenflözen, welche die Reste einer brackischen Fauna (Cyrene, Corbula usw.) und einer aus Lorbeer (Abb. 216), Zimmetlorbeerbäumen (Cinnamomum), Fächerpalmen (Sabal, Chamaerops, Abb. 217 und 218), Fiederpalmen (Phoenicites, Manicaria), Amberbäumen (Liquidambar) und noch anderen Arten mehr zusammengesetzten, der subtropischen Amerikas ähnlichen Flora führen. Solche Braunkohlenflöze finden sich in gewissen Gegenden der Schweiz, so in der Umgegend von Lausanne, am Hohen Rohnen und in Deutschland in Oberbayern (Miesbach usw.).

Die Tertiärablagerungen im Elsaß gehören ebenfalls meist dem Oligozän an. Gewisse Sandkomplexe derselben sind petroleumhaltig (Lobsann).

Unter der Bohnerzformation versteht man Tone oligozänen Alters, die in den Spalten und auf Klüften des älteren Gebirges (Malm) auftreten und fast gänzlich erfüllt sind von kugeligen, schalig aufgebauten Konkretionen von unreinem, mit Kieselsäure und Tonerde vermischtem Brauneisenstein. Dieselben enthalten oftmals in großer Menge die Überreste von Anoplotherium und Palaeotherium, und sie sind wohl Quellabsätze und gleichalterig mit den Gipsen vom Montmartre.

In Norddeutschland, woselbst das Oligozän mächtig entwickelt ist, unterscheiden wir mit marinem Oligozän

Abb. 215. Cerithium plicatum *Brug.*

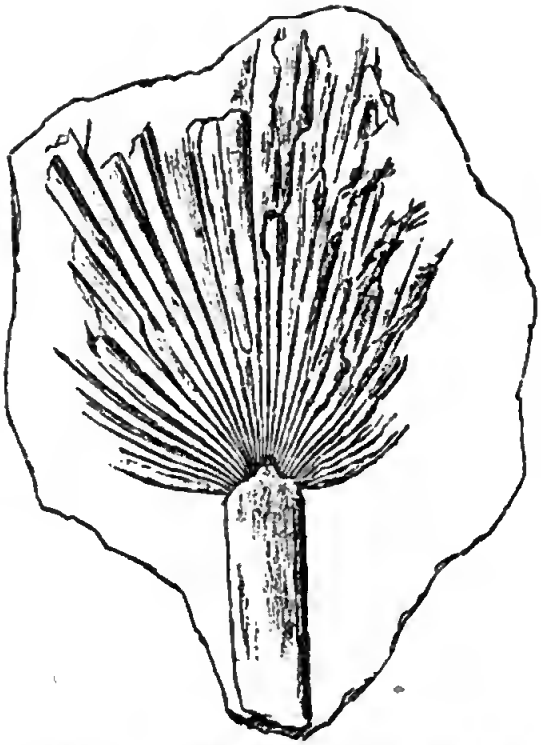


Abb. 217. Sabal haeringiana *Unger.*

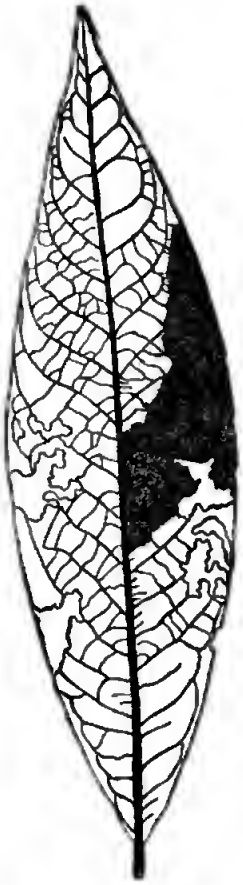


Abb. 216. Laurus princeps *Heer.*

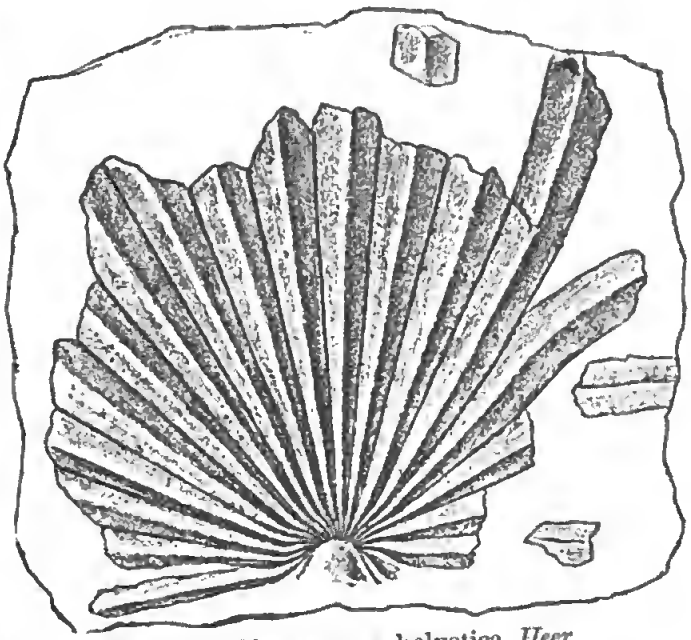


Abb. 218. Chamaerops helvetica *Heer.*

abwechselnde Landbildungen, die oligozäne Braunkohlenformation (Abb. 219). Letztere besteht meist aus Tonen, Sanden und mehr oder weniger festen Konglomeraten, mit Braunkohlenflözen, die aus verschiedenen Pflanzen, besonders aus Nadelhölzern (Kupressineen), als Cupressinoxylon, Taxoxylon, Amyloxylon usw. bestehen. Die ältesten Braunkohlenablagerungen finden sich bei Helmstedt, Latdorf usw.; darüber liegen dann die Sand- und Tonbildungen, die an den eben genannten Orten durch ihre interessante marine Fauna, als Astarte Bosqueti, Cerithium laevum, Pleurotoma Beyrichi usw., berühmt geworden sind. Diese Bildungen sind von unteroligozänem Alter, ebenso wie die bernsteinführenden Sedimente Ostpreußens, deren untere Abteilung aus einem glaukonitreichen Sande mit Meereskonchylien (Ostraea, Fusus, Pectunculus) und mit Einlagerungen von blauer Erde mit Bernstein besteht, worüber eine weitere, viel weniger glaukonitreiche Abteilung mit Bernstein lagert. Der Bernstein enthält vielerlei Inklusen von Tieren und

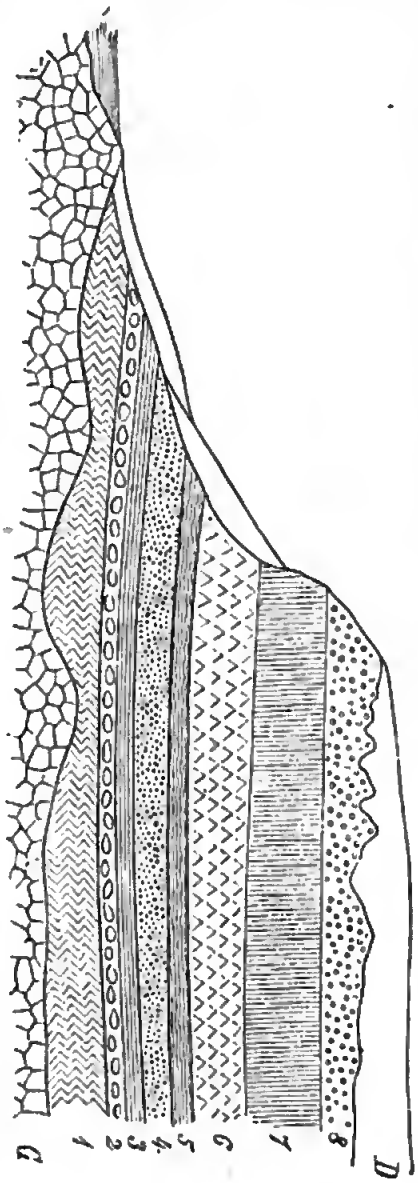


Abb. 219. Profil der Oligozänformation in der Gegend von Halle a. S. Nach Laspeyres. G Älteres Gebirge (hier Porphyr), 1 Kapfelton, 2 Knollensteinzone, 3 Unterflöz, 4 Stuben- oder Quarzsand, 5 Oberflöz (sämtlich oligozäne Braunkohlenformation), 6 Magdeburger Sand, 7 Septarienton, 8 Form- oder Glimmersand, D Diluvium.

Pflanzen; erstere sind meist Dipteren, Arachniden und Myriapoden, letztere gehören zumeist den Koniferen an, doch finden sich auch Reste von Laubbäumen (Eichen, Quercus Meyerianus *Ung.*). Das Bernstein genannte Harz haben wohl mehrere Kiefernarten und Fichtenbäume (Pinus Engleri *Conwentz*) geliefert.

Das untere Oligozän schließt in Norddeutschland mit einer weiteren Braunkohlenbildung ab, die am Harzrand, in der Provinz und im Königreich Sachsen (Umgebung von Leipzig), in Hessen und im Samland ausgebildet ist.

Das mittlere Oligozän vertreten die marinen Rupeltone. Sie enthalten flache oder runde Mergelkalkkonkretionen, sogenannte Septarien, weshalb man diese Ablagerungen auch mit dem Namen Septarientone bezeichnet. Da aber Septarien auch in anderen Gebilden des Tertiärs sich finden, so ist diese Bezeichnung nicht ganz korrekt und muß durch die erstere ersetzt werden, die A. v. Könen nach einem Lokalvorkommen dieser Ablagerungen von Rupelmonde in Belgien vorgeschlagen hat. Diese mitteloligozänen Bildungen führen viele Foraminiferen (Triloculina, Cristellaria), Pelecypoden, worunter als Leitfossil Leda Deshayesiana (Abb. 220), Gastropoden usw. Die Rupeltone sind von der Weichsel bis nach Belgien hinein vielfach nachgewiesen und reichen bis weit in den deutschen Süden hinein (Mainzer Becken usw.), treten auch auf der zimbrischen Halbinsel an verschiedenen Orten auf (Schleswig-Holstein, Jütland). Es sind auf ruhigem, tiefem Meeresgrunde abgesetzte Sedimente. Lokale sandige Entwickelung zeigt das Mitteloligozän in den Stettiner Sanden.

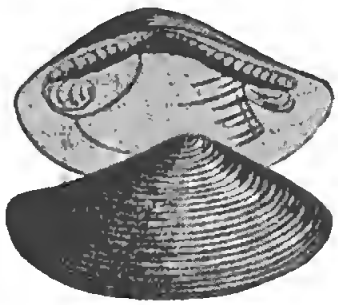


Abb. 220. Leda Deshayesiana *Duch.* Aus dem marinen Mitteloligozän.

Zum marinen Oberoligozän gehören die Schichten vom Doberg bei Bünde in Westfalen mit Terebratula grandis und

Echinolampas Kleinii als leitenden Formen, die Kasseler Sande, die Sternberger Kuchen und die gleichalterigen oberoligozänen Meeressande der Mark und der angrenzenden Areale, dann die Tone und Sande von Wiepke, Lehrte, Krefeld, Neuß usw.

Das Miozän und das Pliozän (Jungtertiär).

Zu den wichtigsten Miozänbildungen, die wir hier erwähnen wollen, zählt man die Ablagerungen des Wiener Beckens, diejenigen des Mainzer Beckens und die Vorkommnisse im Norden Deutschlands. Die dazugehörigen Pliozänablagerungen werden zugleich damit erwähnt werden.

Das Wiener Becken. Zu unterst liegen die als Mediterranstufe zusammengefaßten Gebilde, marine sandige und tonige Schichten, darunter eine Mergelart, Schlier genannt, und ein blauer, plastischer, glimmerreicher Ton mit Gipskristallen, der Tegel. An der Zusammensetzung dieser Bildungen nimmt auch ein oftmals konglomeratartig werdender Kalkstein, der Leithakalk, teil. Von Versteinerungen sind besonders gewisse Kalkalgen zu nennen, die Nulliporen (Lithothamnium, Abb. 221), die den Leithakalk oftmals so sehr erfüllen, daß er zum Nulliporenkalk wird, und Foraminiferen in großer Artenzahl und Menge. Von besonderer Wichtigkeit ist hier Amphistegina Haueri *d'Orb.* (Abb. 222), die ebenfalls ganze Schichten des Leithakalkes zusammensetzt, den Amphisteginakalk. Daneben treten die verschiedensten Arten von Mollusken in diesen unteren Schichten auf.

Darüber folgt eine brackische Bildung, die Cerithienschichten und der Tegel von Hernals, zu oberst mit einer Tonbildung abschließend, dem Muscheltegel. Diese Ablagerungen, die durch das massenhafte Vorkommen von Cerithium (Abb. 223), Tapes und Cardium charakterisiert werden, nennt man die sarmatische Stufe oder die sarmatische Tegelbildung. Auf derselben ruht eine pliozäne Brackwasserbildung, die Congerienschichten, Sande und Gerölle mit Überresten von Pflanzen (Pinus,

Juglans, Quercus) und Säugetieren (Dinotherium, Mastodon, Rhinoceros usw.) und mit haufenweisem Vorkommen gewisser Mollusken, wie z. B. Cardium apertum *Münst.*, Congeria subglobosa *Partsch* (Abb. 224), Mela-

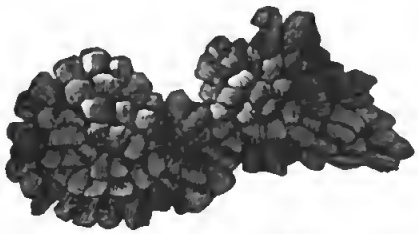


Abb. 221. Lithothamnium ramosissimum *Reuss sp.* Aus dem Miozän von Wien.

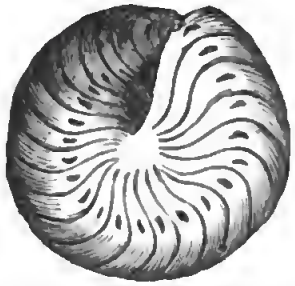


Abb. 222. Amphistegina Haueri *d'Orb.* Aus dem Miozän von Wien.

Abb. 223. Cerithium margaritaceum *Brocchi.* Aus dem Miozän von Wien.

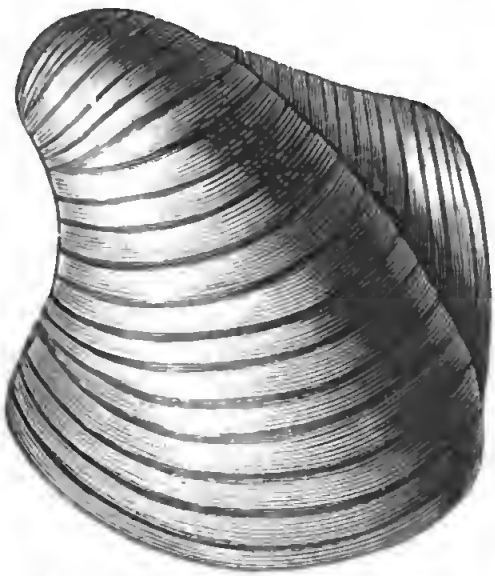


Abb. 224. Congeria subglobosa *Partsch.* Aus dem Pliozän von Wien.

nopsis Martiniana *Fér.* Die Bildungen des Wiener Beckens schließen nach oben mit der Belvederestufe ab, Schotter- und Sandbildungen fluviatilen Ursprungs, mit Überresten eingeschwemmter Schalen von Mollusken und Knochen von

Säugetieren. Die jungtertiären Bildungen in Ungarn und Siebenbürgen, wie auch in Galizien ſind reich an Steinſalzlagerſtätten, darunter das bekannte Vorkommen von Wieliczka.

Das Mainzer Becken. Die tertiären Ablagerungen des Mainzer Beckens beginnen im Elſaß ſchon mit den eozänen Buchsweiler- und Melanienkalken, denen die ſandigen, zum Teil petroleumführenden Gebilde (Lobſann) und Rupeltone aufgelagert ſind, weiter nach Norden jedoch erſt mit dem oligozänen Meeresſande, darüber Rupeltone mit Leda Deshayesiana, darauf die Cyrenenmergel und dann erſt die unterſten Miozänbildungen, die Blättersandſteine mit Cinnamomum, Sabal uſw., die Cerithienkalke mit Cerithium cinctum und die Landſchneckenkalke mit Pupa, Dreissensia, Cyclostoma, Helix und anderen mehr. Darauf folgen die Corbiculaſchichten mit Cerithium plicatum, C. margaritaceum und Corbicula Faujasi, darüber die Litorinellenkalke, oftmals mit plattenförmiger Abſonderung und erfüllt von Litorinella (Hydrobia) acuta (Abb. 225). Hierher gehören die Braunkohlenbildungen der Wetterau (Salzhauſen).

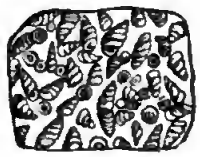


Abb. 225. Litorinella (Hydrobia) acuta *Drap. sp.* Aus dem Miozän von Mainz.

Das Pliozän im Mainzer Becken iſt hauptſächlich entwickelt als eine Flußablagerung, die ſogenannten Sande von Eppelsheim, mit den Reſten von vielen Säugetieren, darunter Dinotherium (Abb. 226 und 227), Rhinoceros (Abb. 228), Mastodon (Abb. 229) und Hipparion (Abb. 230).

Zu den wichtigſten und zugleich jüngſten Miozänbildungen Norddeutſchlands gehören die Glimmertone Schleswig-Holſteins (Sylt, Langenfelde), Jütlands uſw., dann die Ablagerungen von Lübtheen in Mecklenburg, hier mit Braunkohlen, ferner die Braunkohlenlager der Mark Brandenburg, Mecklenburgs, Pommerns, Sachſens, der Lauſitz, Heſſens, des Niederrheins uſw.

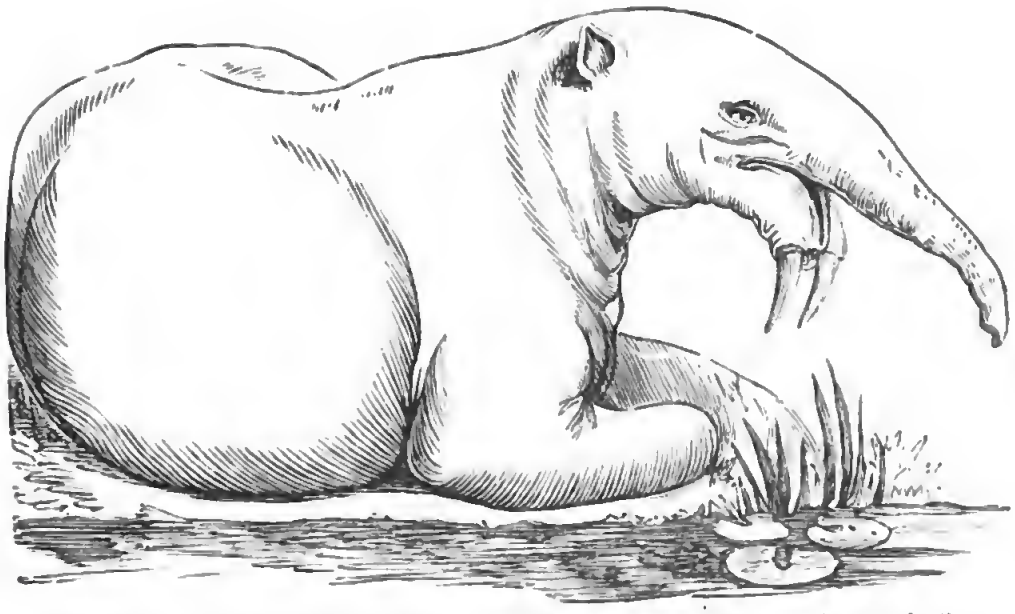


Abb. 226. Dinotherium giganteum *Kaup*. Aus dem Tertiär (reſtauriert).

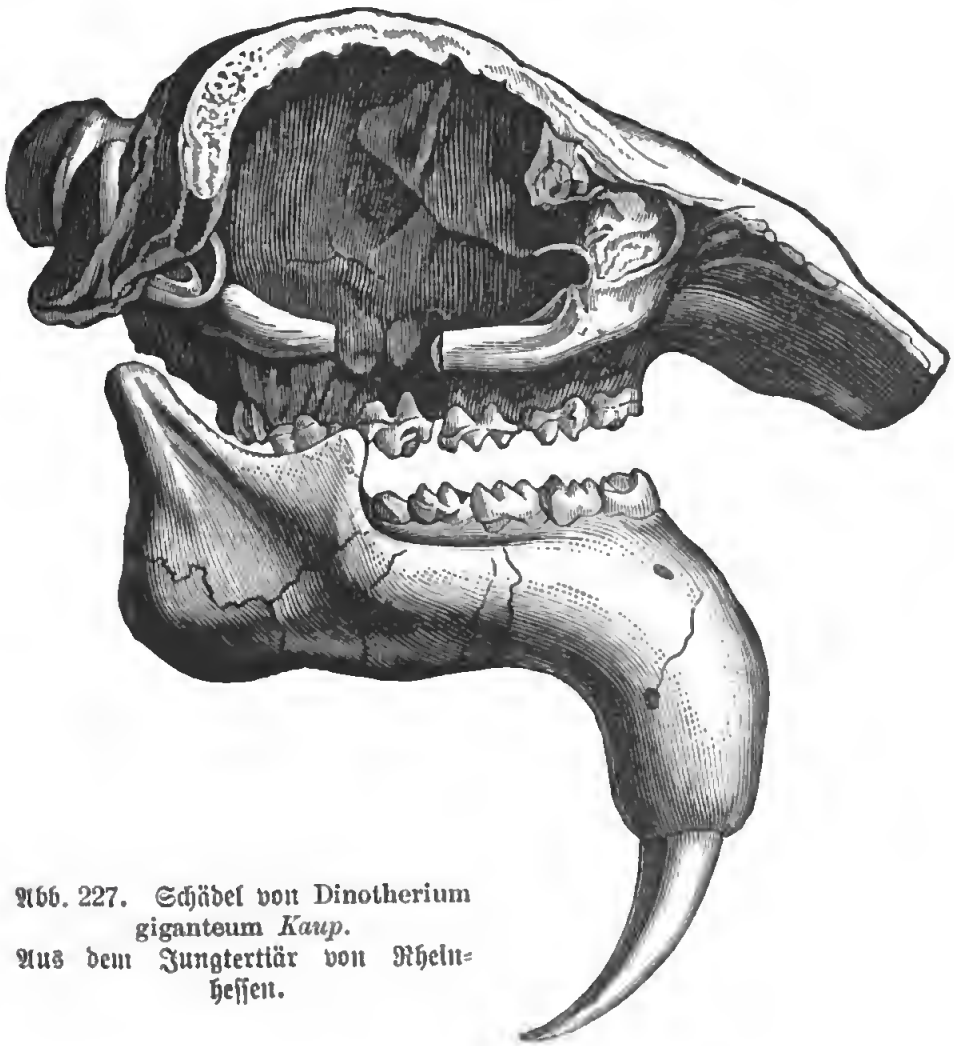


Abb. 227. Schädel von Dinotherium giganteum *Kaup*.
Aus dem Jungtertiär von Rheinheſſen.

Im südlichen Deutschland und in der Schweiz unterscheidet man drei wichtige neogene oder jungtertiäre Bildungen, die untere Süßwassermolasse (Blättersand-

Abb. 228. Rhinoceros pachygnathus *Wagner*.

steine des Mainzer Beckens), die obere Meeresmolasse (helvetische Stufe, Schichten von St. Gallen), mit Mollusken und Haifischen (Turritella, Lamna), und schließlich die obere Süßwassermolasse, als deren interessantestes Glied wir

die Öninger Schichten nennen mit einer reichen Flora, Populus mutabilis *Heer*, Acer trilobatum *Sternberg* (Abb. 231), Cinnamomum, Juglans (Abb. 232), Populus (Abb. 233), usf. und vielen Insekten und Wirbeltieren, Leuciscus, Andrias Scheuchzeri, dem Riesensalamander, ehemals von Scheuchzer für den vorsintflutlichen Menschen, homo diluvii testis, gehalten.

Der Crag Englands ist eine teils fluviatile, teils marine pliozäne Ton- und Sandbildung, die eine zum größten Teil

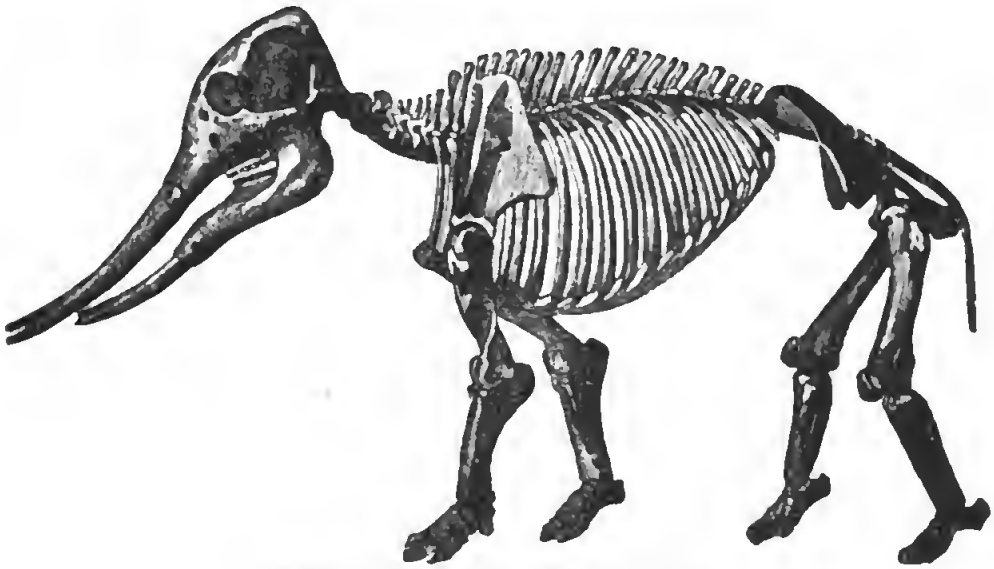


Abb. 229. Mastodon angustidens *Cuv.*

mit heute noch lebenden Formen identische Molluskenfauna, auch einzelne Moor- und Torfablagerungen mit Überresten von Säugetieren (Forest beds) führt. Sie vermittelt den Übergang zwischen den Tertiär- und den Diluvialbildungen und läßt ein allmähliches Herabsinken der klimatischen Verhältnisse an den in ihr enthaltenen Molluskenresten deutlich erkennen.

Die Fauna der Pliozänbildungen Italiens (besonders Mollusken in großer Artenmenge) gleicht derjenigen des Mittelmeeres vollkommen und besteht meist aus denselben Arten. Zum Pliozän gehören ferner die wegen ihrer schönen

Wirbeltierüberreste berühmten Ablagerungen des Mont Luberon im unteren Rhonetal (Frankreich) und von Pikermi bei Athen.

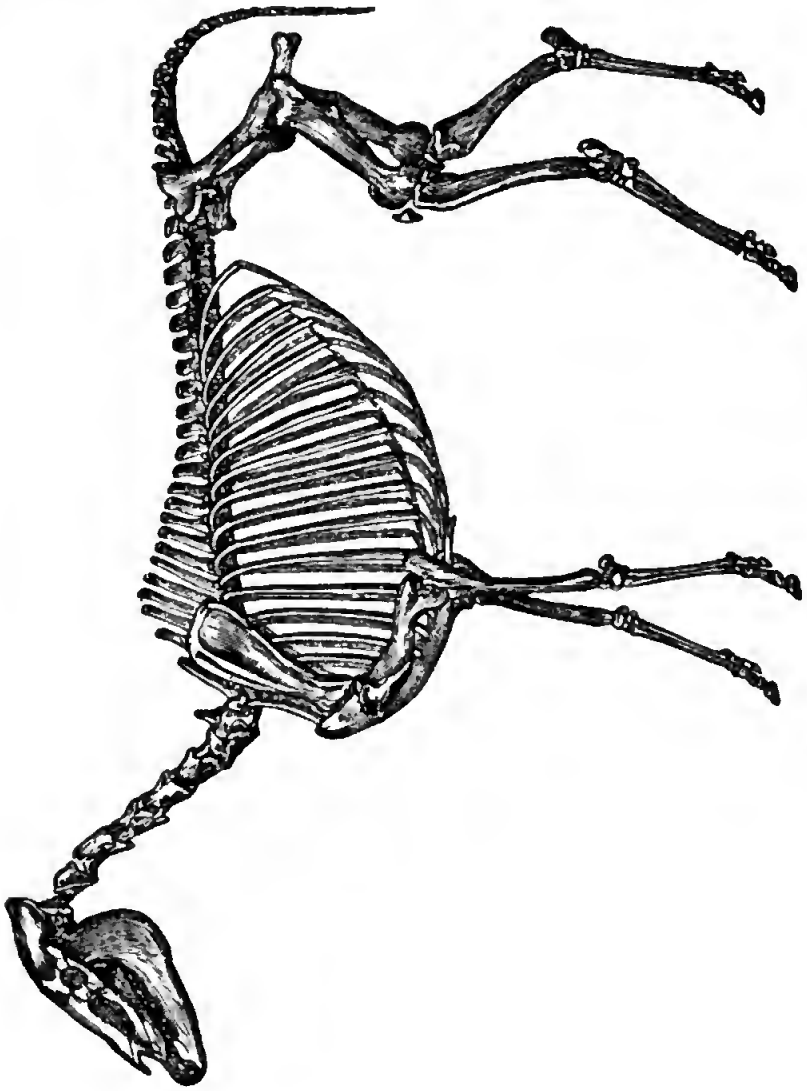


Abb. 230. Hipparion gracile *Kaup.*

Verbreitung des Tertiärsystems.

Die Tertiärablagerungen sind allenthalben auf der Erde verbreitet, im Süden wie im Norden, sogar in Grönland, wo sie dieselben Pflanzenformen führen wie die miozänen Schichten Deutschlands und der Schweiz, und sogar Braunkohlenflöze enthalten.

Die Lagerungsverhältnisse der Tertiärablagerungen sind vielfach noch die ursprünglichen; oftmals sind die Tertiärschichten aber mächtigen Faltungen, Hebungen, Senkungen und Verwerfungen unterworfen gewesen, wie z. B. in den Alpen, in den Pyrenäen usw., wie auch die Abbildungen 234 und 235 zeigen.

An Eruptivgesteinen ist das Tertiär reich; man bedenke nur die zahlreichen vulkanischen Gebilde, die in jener Periode entstanden, so z. B. das Siebengebirge, die Vulkane

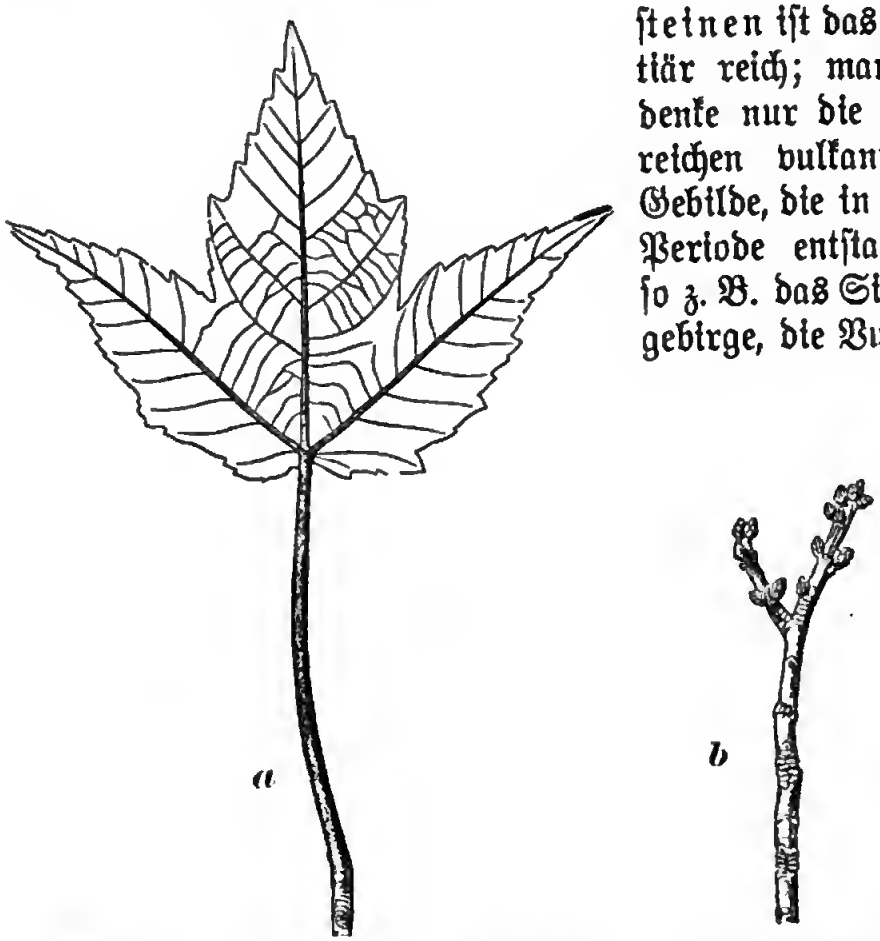


Abb. 231. Acer trilebatum *A. Braun.* a Blatt, b Zweig mit Knospen.

der Eifel, der Rhön und des Westerwaldes, des Hegaues, des Kaiserstuhles, des nördlichen Böhmens, Ungarns und Siebenbürgens, der Auvergne, Kataloniens und so viele andere mehr.

Von nutzbaren Mineralien sind besonders hervorzuheben der Schwefel in Sizilien, die Bohnerze und das

Steinſalz. An gewiſſe Trachytarten iſt in Ungarn und Amerika das Vorkommen von Gold- und Silbererzen in Gängen gebunden.

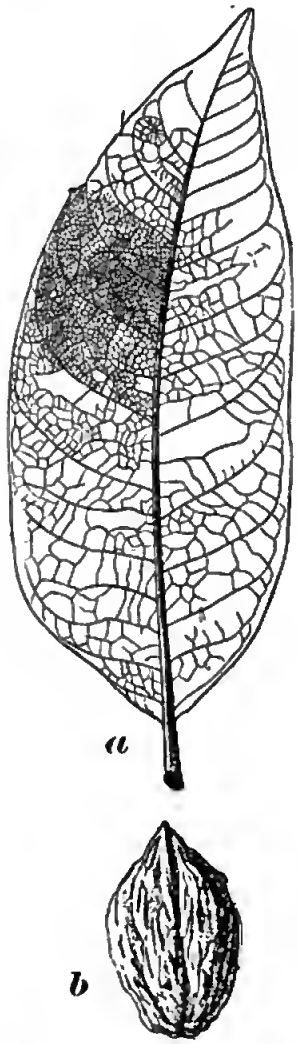


Abb. 232. Inglans acuminata *A. Braun.* a Blatt, b Frucht.

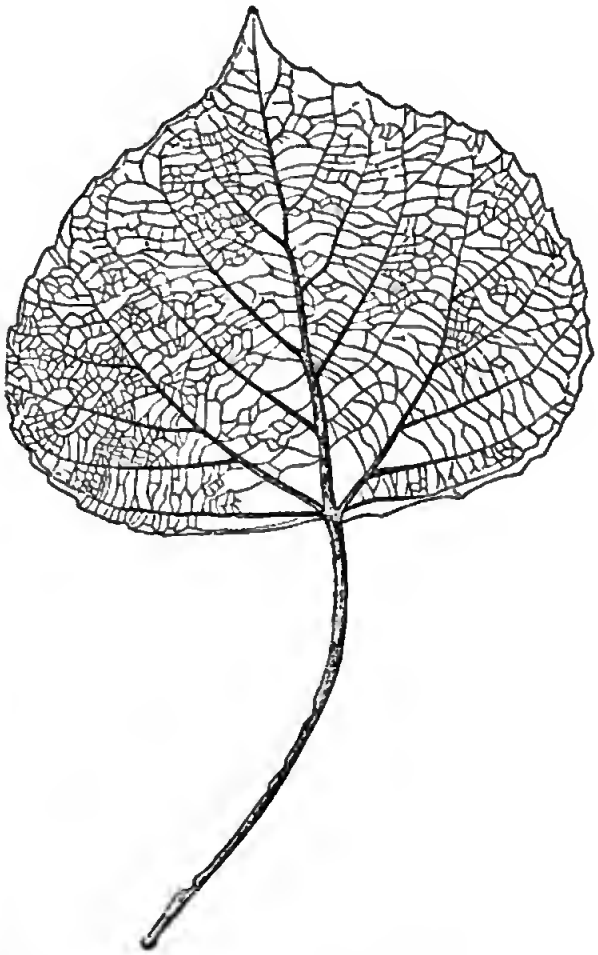


Abb. 233. Populus latior *A. Braun.*

Die Pampasbildungen des Laplataſtromes.

Der größte Teil der argentiniſchen Pampas iſt von einer ſubäriſchen Bildung, unſerem Löß ziemlich analog, dem Pampeano, bedeckt, der eine Menge Wirbeltierknochen, die Reſte der von den Staubſtürmen der Steppe begrabenen

Riesentiere, wie Megatherium (Abb. 237), Glyptodon (Abb. 238), katzen-, lama-, hirschartiger Tiere, auch fossiler

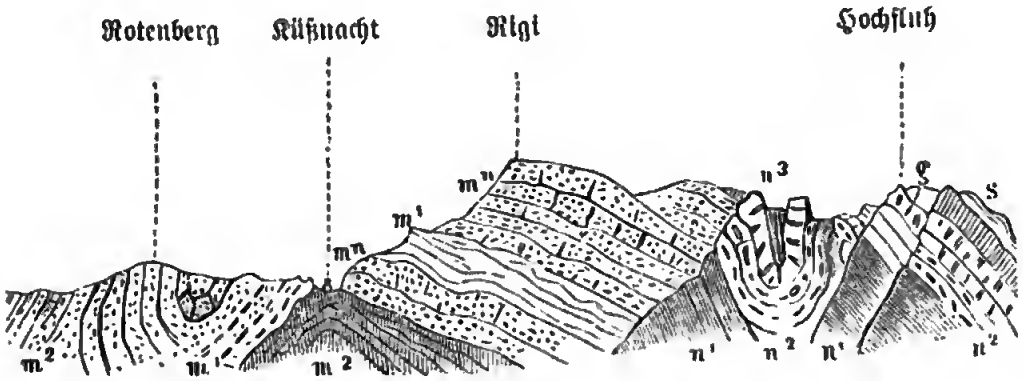


Abb. 234. Profil durch die Kreide- und Tertiärschichten der Voralpen am Vierwaldstättersee.
m^1 ältere Molasse, m n Molasse-Nagelfluh, m^2 jüngere Molasse, n^1 untere Neokomschichten, n^2 obere Neokomschichten, n^3 Kaprotinen- oder Schrattenkalk, g Gaultschichten, s Seewenschichten.

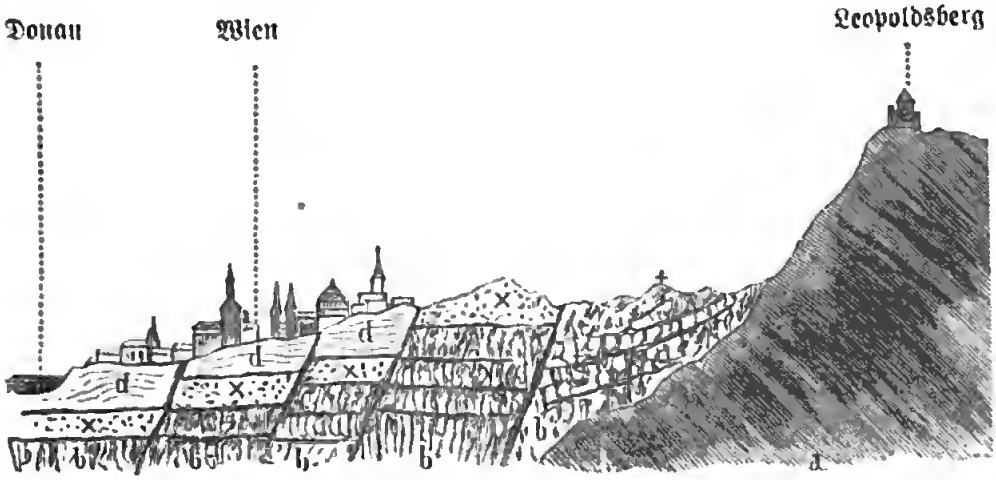


Abb. 235. Profil durch das Wiener Becken.
a Flysch oder Wiener Sandstein (zum Teil), b marine Tertiärschichten (zum Teil Leithakalk und Badener Tegel), c Sarmatische Tertiärschichten (Cerithiensand und Tegel), d Congerienschichten (Ingersdorfer Tegel und Belvedereschotter).

Pferde enthält. Diese Bildung soll nach Burmeister diluvial, nach anderen Forschern jedoch jungtertiär sein.

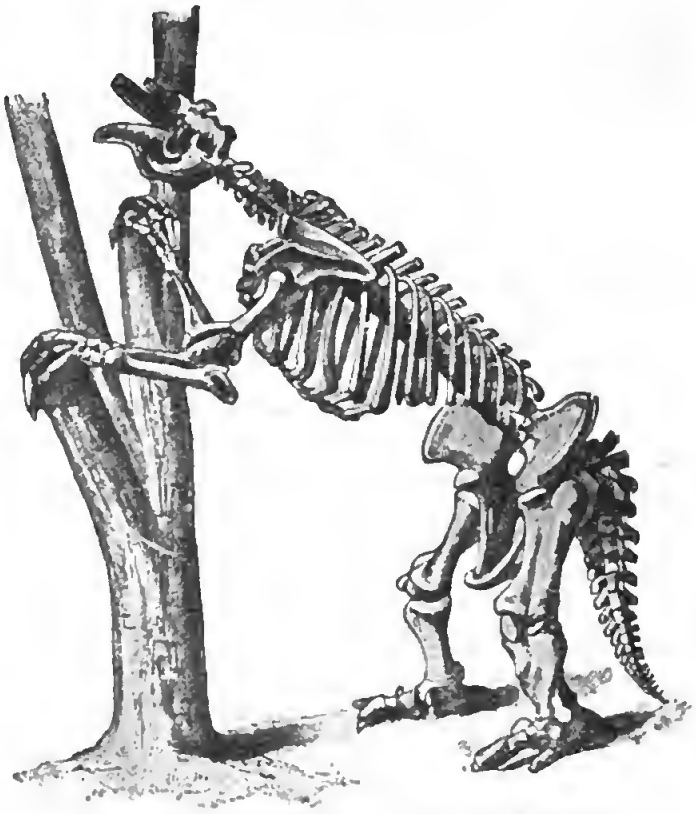


Abb. 236. Megatherium Cuvieri *Desmarest.*

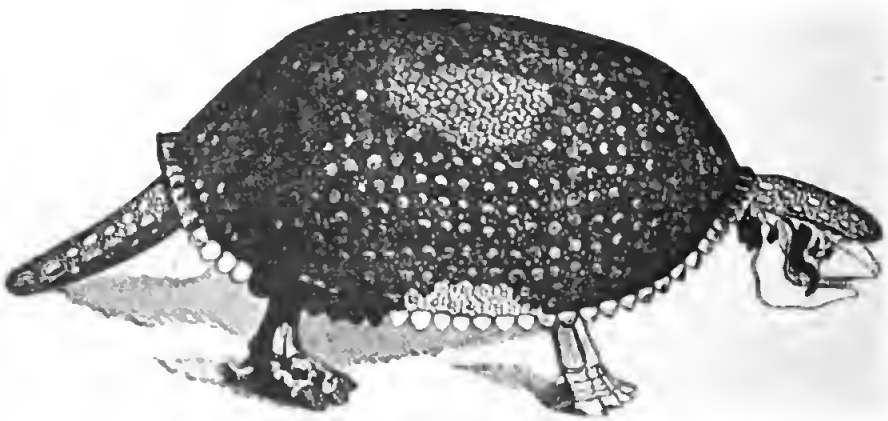


Abb. 237. Glyptodon.

Das quartäre Syſtem.

Die diluvialen Ablagerungen.

Die diluvialen Ablagerungen ſind in Nordeuropa und in Nordamerika von einem Driftmeer, von Inlandeiſe und von Gletſchern, die in jener geologiſchen Periode den größten Teil

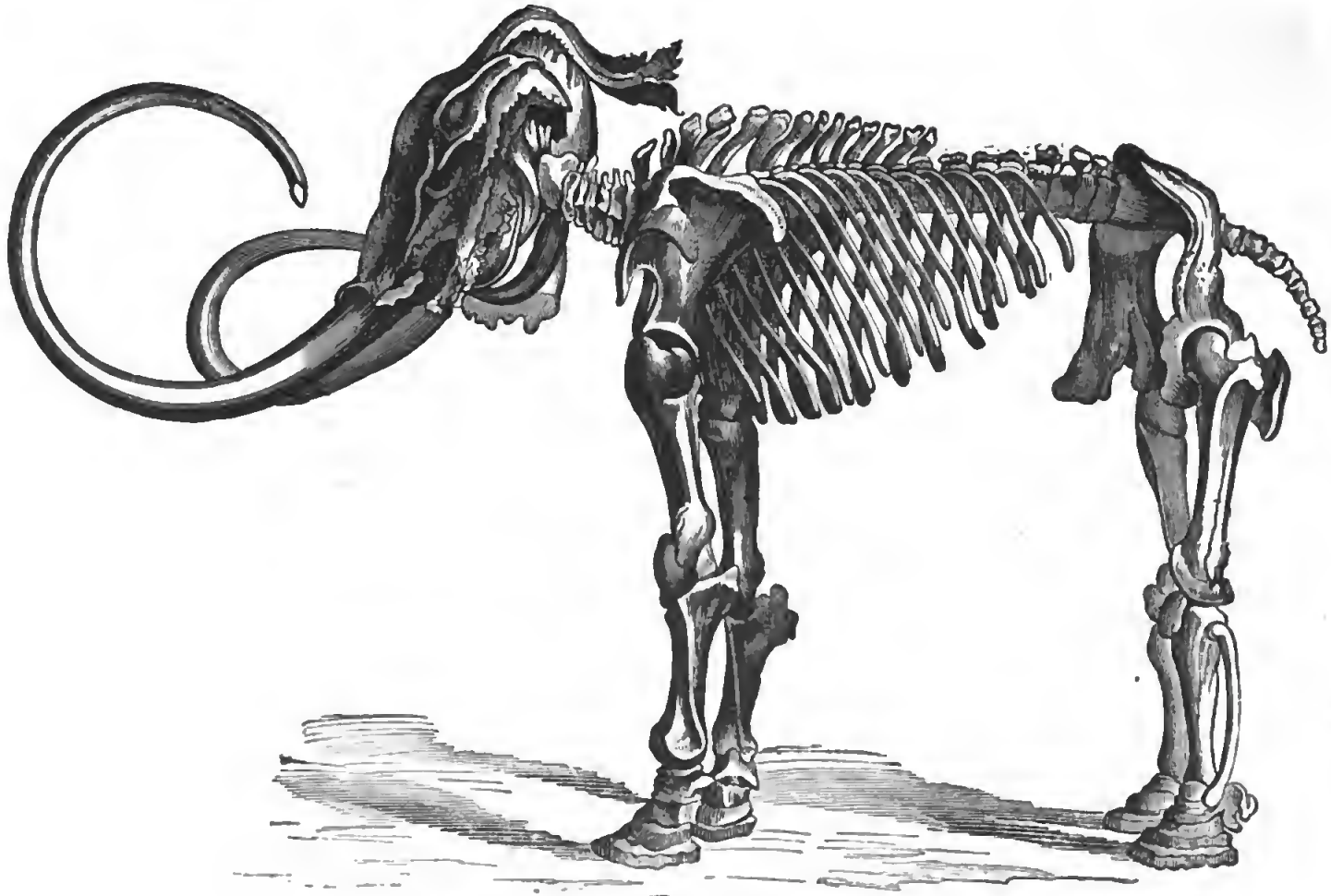


Abb. 238. Elephas primigenius *Blumenb.*

dieser Länder bedeckt hielten, gebildet worden. Sie bestehen aus Geröllen, Sanden, Gruszen und sandigmergeligen sowie tonigen Bildungen. Auch äolische Gesteine sind in der Diluvialzeit zur Entwickelung gelangt, der Löß.

Die Tier- und Pflanzenreste, die man in den diluvialen Ablagerungen findet, sind sehr oft hier nicht mehr auf ihrer primären Lagerstätte, sondern durch andere Umstände in dieselben gelangt. Wichtige Pflanzenarten der Diluvialzeit sind die Weide (Salix polaris), die Birke (Betula nana), der Ahorn, die Eiche, die Fichte usf., dann noch kleinere Gewächse (Dryas octopetala), darunter auch viele Kieselalgen (Diatomeen). Eine Anzahl von Süßwassermollusken (Paludina diluviana) und von marinen Muscheln und Schnecken (Cardium edule, Cyprina islandica, Yoldia arctica, Astarte boralis, usf.), daneben auch Landschnecken (Helix) sind die hauptsächlichsten Vertreter der niederen Tierwelt, deren höher organisierte Formen durch viele Säugetiere (Elephas primigenius, das Mammut, Abb. 238 bis 240, Elephas antiquus, Rhinoceros tichorhinus, Bos primigenius, Ursus spelaeus, Cervus Abb. 240 repräsentiert werden.

Die Entstehung der diluvialen Ablagerungen

ist lange Zeit hindurch verkannt worden. Die meisten diluvialen Schichten nämlich, soweit sie Bildungen des festen und nicht des flüssigen Wassers sind, führen eine Unmasse größerer und kleinerer, an ihrer Oberfläche sehr oft gekritzter und geschrammter Einschlüsse von allerlei Gesteinen, Geschiebe, resp. gekritzte und geschrammte Geschiebe. Ganz besonders reich daran sind die sandigmergeligen Bildungen, die Geschiebemergel, während in den Sandbildungen die Geschiebe vielfach weit abgerundeter und geröllartiger sind. Diese sämtlichen Geschiebe und Gerölle sind nun fast durchweg fremden Ursprunges, und eine genauere Untersuchung derselben hat ergeben, daß es zumeist Stücke von Gesteinen sind, deren Heimat in nördlichen Regionen zu suchen ist, und deren Anstehendes man daselbst größtenteils auch schon aufgefunden

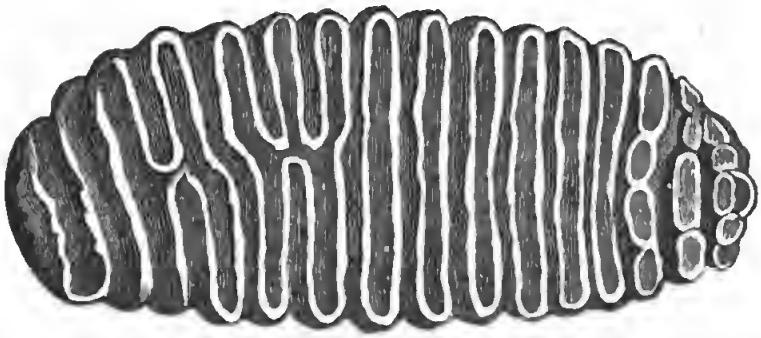


Abb. 239. Elephas primigenius *Blumenb.* Backenzahn mit abgerollten Wurzeln, von oben.

Abb. 240. Elephas primigenius *Blumenb.* Backenzahn mit abgerollten Wurzeln, von der Seite.

hat. So wiſſen wir von vielen in der norddeutſchen Tiefebene verbreiteten Granitarten, daß ſie aus Finnland ſtammen, manche Baſalte und Diabaſe aus den ebenda vorkommenden

Geſchieben ſind identiſch mit ſolchen, die man anſtehend in Skandinavien kennt; dasſelbe gilt von vielen anderen Geſteinsarten, teils eruptiven, teils ſedimentären Urſprunges, deren Herkunft aus Skandinavien, Finnland und den ruſſiſchen Oſtſeeprovinzen man mit Sicherheit angeben kann. Unterſucht

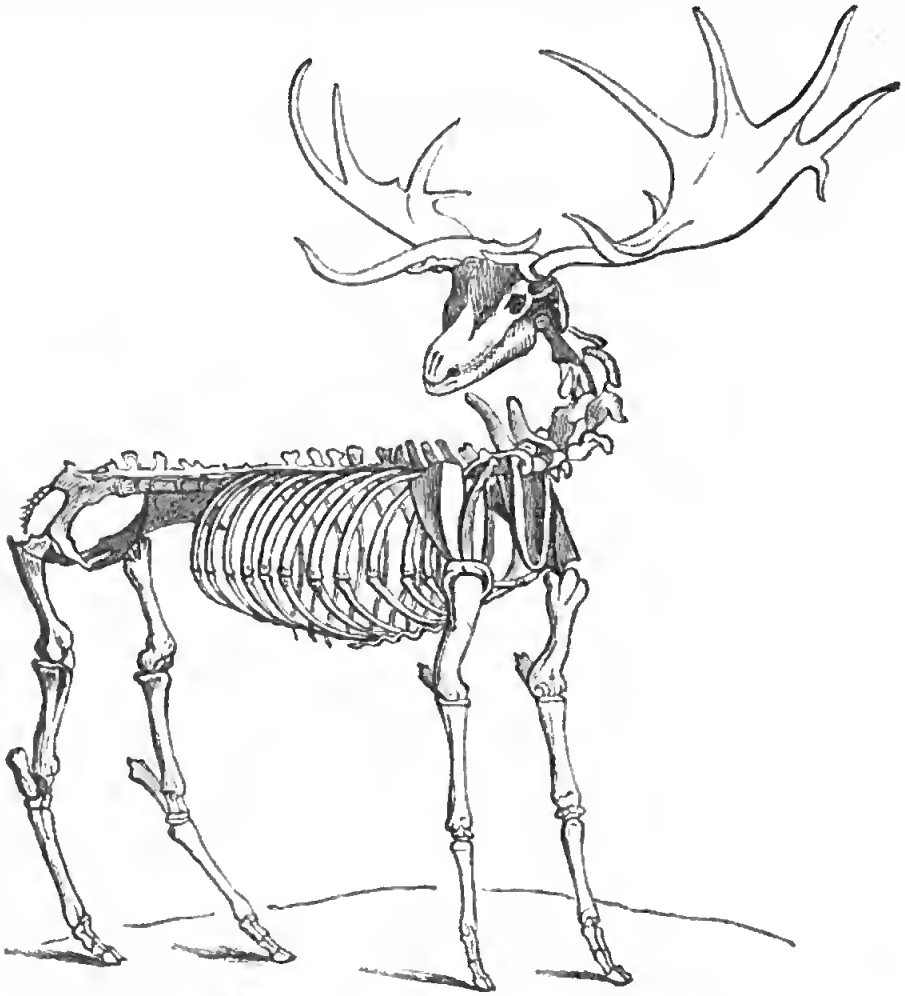


Abb. 241. Cervus eurycerus *Aldrovandi*.

man nun die Geſchiebemergel genauer auf ihre Beſtandteile, ſo findet man, daß dieſe letzteren auch nur ſolche zerkleinerte Bruchſtücke desſelben Geſteinsmaterials ſind, aus denen die Geſchiebe ſelbſt beſtehen.

Es war nun lange die Frage, auf welche Weiſe wohl dieſes gröbere und feinere Material in unſere Breiten ge-

kommen iſt. Aufſchluß darüber haben uns die vielfachen Unterſuchungen über die Gletſcher der Alpen, ganz beſonders aber diejenigen der glazialen Gebilde der nordarktiſchen Regionen gegeben, die wir Männern wie Agaſſiz, Charpentier, Helland, Steenſtrup, Torell, Nanſen und noch vielen anderen mehr verdanken. Man war früher der Anſicht, die diluvialen Gebilde müßten in einem Ozean durch Treibeis zu uns gekommen ſein, das mit ſolchen Geröllſtücken beladen von den arktiſchen Regionen durch die Meeresſtrömungen maſſenhaft in unſere Breiten transportiert worden ſei, woſelbſt dieſe Eisberge dann ſchmolzen und ihre Laſt auf den Meeresboden niederſinken ließen, die Drifttheorie. In der Gegenwart iſt man durch die Verhältniſſe, die man in den Nordpolarländern, ganz beſonders in Grönland kennen gelernt hat, zur Überzeugung gelangt, daß dieſe diluvialen Bildungen nicht als die Fracht von ſolchen Eisbergen anzuſehen ſeien, wohl aber als durch das Inlandeis, das ehemals in unſeren Breiten eine großartige Entwickelung gehabt hat, hervorgerufene Erſcheinungen. Die Geſchiebemergel ſind nun als die Grundmoränen dieſes Inlandeiſes aufzufaſſen, die Sandbildungen jedoch als die durch die Schmelzwaſſer des Inlandeiſes in der Abſchmelzperiode hervorgerufenen Auslaugungsprodukte dieſer Geſchiebemergel. Einige wichtige Beweiſe für die eben erwähnten Anſchauungen ſind die folgenden: die identiſche Zuſammenſetzung der Grundmoränen der heutigen Gletſcher und der Geſchiebemergel, die gekritzten und geſchrammten Geſchiebe, Stauchungen im Untergrunde der Diluvialgebilde und von dieſen ſelbſt (Abb. 242 und 243), Ritzen und Schrammen ſowie Abſchleifen der anſtehenden Geſteine im Gebiete des Diluviums, die Rieſentöpfe, die Sölle uſw.

Diluviale Erſcheinungen in den Alpen und anderen Gebirgen.

Ähnliche Vorgänge wie die eben geſchilderten in Nordeuropa und im amerikaniſchen Norden haben auch in den Alpen und in anderen europäiſchen Gebirgen, den deutſchen

Mittelgebirgen, dem Juragebirge, den Pyrenäen, den Karpathen usw. stattgefunden. Eine ganz gewaltige Ausdehnung nahmen in jener Periode die alpinen Gletscher, die ihr diluviales Material überallhin zerstreuten und gewaltige Blöcke auf ihren Moränen mit sich führten, die uns durch die Größe ihrer Dimensionen in gerechtes Erstaunen setzen. So sandte der Rheintalgletscher seine Ausläufer bis nach Oberschwaben

Abb. 242. Stauchung (Faltung) der diluvialen Schichten bei Levensau in Schleswig-Holstein.

hinein, Spuren des Rhonetalgletschers findet man auf beträchtlicher Höhe im Juragebirge, der Inntalgletscher reichte bis in die Nähe von München.

Mehrmaliges Vor- und Zurückgehen der Gletscher und des Inlandeises in der diluvialen Periode.

Aus der Art und Weise der Aufeinanderfolge der diluvialen Gebilde hat man auf ein mehrfaches Vor- und Rückschreiten der Eismassen geschlossen, so daß man an vielen

Orten und in einzelnen Ländern eine mehrmalige Vereisung nachzuweisen vermag. Dieser Ansicht steht in neuerer Zeit

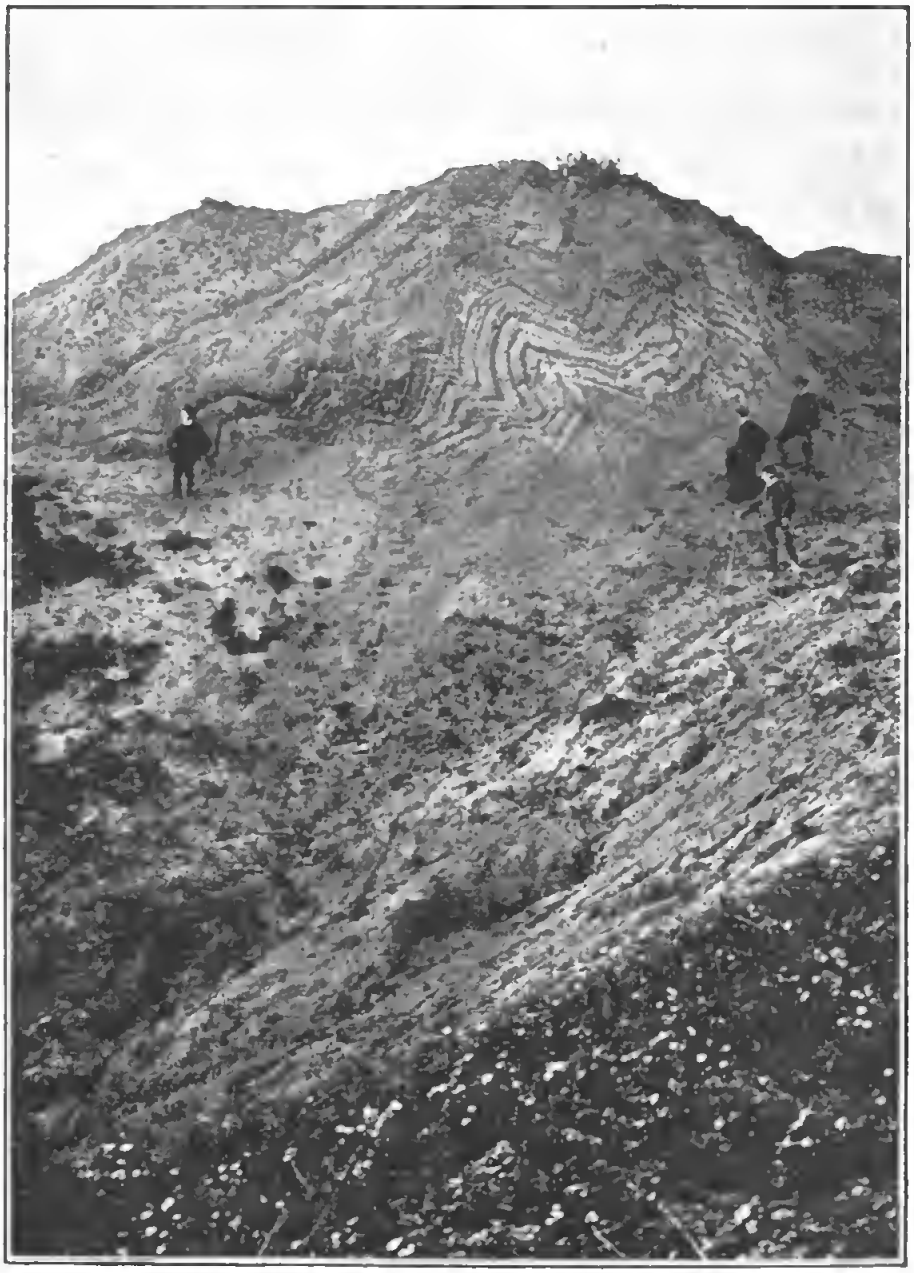


Abb. 243. Stauchungen (Faltungen) der diluvialen Schichten bei Petersburg, Umgegend von Kiel. Nach Pupke.

eine andere gegenüber, die nur eine einmalige Vereisung, eine einheitliche Eiszeit gelten lassen will und das Vorhanden-

sein mehrfacher und durch Gebilde von nicht moränenartigem Charakter getrennter Geschiebemergelbänke (*interglazialer Bildungen*) nur durch lokale Schwankungen (Oszillationen) des Eisrandes erklärt.

Ausdehnung der diluvialen Ablagerungen in Nordeuropa.

Die diluvialen Ablagerungen Nordeuropas sind in einem Areal verbreitet, das etwa $6\,^1/_2$ Millionen Quadratkilometer umfaßt und dessen nördlicher Rand bis in das arktische Gebiet hinübergreift. Zur Zeit ihrer Hauptentwickelung verlief ihre südliche Grenze etwa längs einer Linie, die an der Südküste Irlands beginnend über den Bristolkanal und London, Antwerpen, Aachen, Westfalen, Hannover, den Harz, Thüringen und Sachsen am Ostrande des Riesengebirges und Altvaters nach Österreichisch-Schlesien hineinzieht, Krakau, Kiew, Moskau und Kasan berührt und von hier nördlich über den Ural bis nach Asien hinein sich erstreckt. Ihre Mächtigkeit ist im nördlichen Deutschland an 150 bis 200 m groß und nimmt natürlich nach Süden zu immer mehr ab. Die Größe der von dem diluvialen Eise bisweilen mitgeführten umfangreicheren Gesteinsmassen (*Findlinge, erratische Blöcke*) ist erstaunlich; man kennt solche von vielen 1000 t Gewicht. Daß so gewaltige Moränenbildungen auch eine im Verhältnis dazu nicht minder großartige Eisbedeckung zur Erzeugerin haben mußten, das liegt auf der Hand; diese soll etwa im Zentrum ihrer Masse, im mittleren Skandinavien, an 1800 m dick gewesen sein. Noch am Nordrande des Harzes dürfte das Inlandeis über 100 m Mächtigkeit besessen haben.

Gliederung der diluvialen Ablagerungen Norddeutschlands.
Nach Wahnschaffe
(von unten nach oben).

Erste Eiszeit: Geschiebemergel von Hamburg (durch Bohrungen nachgewiesen) und von Rüdersdorf bei Berlin.

Erste oder ältere Interglazialzeit: Yoldiatone und Cyprinatone in Westpreußen (Elbing), marine Bildungen

der Elbherzogtümer. Fluviatile Bildungen (Flußſchotter) von Weimar, Diatomeenablagerungen von Rathenow in der Mark Brandenburg. Kalktuffe Thüringens (Taubach, Mühlhauſen, uſf.) mit Elephas antiquus, vielen Konchylien- und Pflanzenreſten, Torflager von Klinge bei Kottbus, von Honerdinger in der Lüneburger Heide, von Belzig, uſf. Paludinatone von Berlin.

Zweite Eiszeit: Die ſogenannten „unteren Geſchiebemergel", die Moränen des diluvialen Inlandeiſes in ſeiner größten Entwickelung. An ſeinem Rande grünte eine reiche aus verſchiedenen Pflanzen (Salix herbacea, Saxifraga oppositifolia, Eriophorum- und Polygonum-Arten, Hypnum, uſf.) beſtehende Glazialflora (Deuben bei Tharandt).

Zweite oder jüngere Interglazialzeit: Marine Ablagerungen Weſtpreußens mit Nordſeekonchylien (Cardium edule, Litorina litorea, Mytilus edulis, uſf.). Cyprinentone im Sundewitt und auf der Inſel Alſen, Ditmarſchen. Sandige und grandige Ablagerungen mit Säugetierreſten von Berlin (Rixdorf uſf.), Torflager von Lauenburg, in Oſtpreußen (Memel) uſf.

Dritte Eiszeit: Der „obere Geſchiebemergel" als Moräne, dann die verſchiedenſten Bildungen des abſchmelzenden Inlandeiſes, ſo die dem baltiſchen Höhenrücken entlang laufenden viele 100 km langen Endmoränenzüge, die Äſar, Kames uſf. Die eigentliche diluviale Eisperiode ſchließt mit der Yoldiazeit ab, charakteriſiert durch das Vorkommen von Yoldia arctica in ihren marinen Ablagerungen, während in den gleichzeitigen Sandbildungen (Torfmoore, Tone, Kalke) Dryas octopetala auftritt (darum auch Dryaszeit genannt).

Gliederung der diluvialen Gebilde in den Alpen und dem Alpenvorland. Man unterſcheidet in dieſem Gebiet vier Vereiſungsperioden, Glazialzeiten, und drei Zwiſchenperioden, Interglazialzeiten. Alle vier Vereiſungsperioden tragen den Namen von Flüſſen, in deren Ge-

biet ſie wohlentwickelt ſind; die älteſte wird nach der Günz, die zweite nach der Mindel, die dritte nach der Riß und die vierte nach der Würm genannt. Ihren Ablagerungen gehören die Deckenſchotter (die älteſten), die Hochwaſſerſchotter (mittleren Alters) und die Niederterraſſenſchotter (jüngeren Alters) an, die ſich im Vorlande der Alpen ausgebildet haben, dann die beſonders am Südabhange dieſes Gebirges ganz wundervoll ausgeprägten Endmoränenzüge, ringförmige Hügelreihen von teilweiſe 300 bis 600 m Höhe, die Moränenamphitheater. Am Nordrande der Alpen ſind die Endmoränen in weniger charakteriſtiſchen Formen angeordnet und treten mehr in bogenförmigen Wällen auf, in der Geſtalt der Endmoränenlandſchaft. Die gewaltig entwickelten alpinen Eismaſſen der Diluvialzeit haben eine großartige Eroſionsarbeit geleiſtet. So dürfte beiſpielsweiſe der Würmſee (Starnbergerſee) in Oberbayern mit ſeinem 123 m tiefen Becken lediglich auf die Schurfarbeit der Gletſcher der Eiszeit zurückzuführen ſein. Das während der vier Vereiſungsperioden vom Inntalgletſcher den Alpen entführte Material ſoll etwa rund 3300 cbkm betragen haben. Die Temperaturen während der Vergletſcherung der Alpen waren nach den Berechnungen von Heß etwa folgende:

für die Günzeiszeit	1,8° kälter,	als in der Gegenwart.
für die Mindeleiszeit	2,9° kälter,	
für die Rißeiszeit	4,1° kälter und	
für die Würmeiszeit	6,5° kälter	

Die Interglazialzeiten waren entſprechend wärmere, und in der älteſten dieſer Zwiſchenperioden ſollen die Alpen in demſelben Grade, wenn nicht gar noch mehr eisfrei geworden ſein als in unſeren Tagen. Zu den interglazialen Ablagerungen gehören viele Torflager (Schieferkohlen), letztere beſonders ſchön bei Utznach und Dürnten nahe Zürich und bei Mörswyl in der Umgebung von Rorſchach am Bodenſee, mit den Reſten der Tanne, Kiefer, Legföhre, Lärche, Eiche uſf. In den der dritten Interglazialzeit angehörigen Kalktuffen von

Flurlingen bei Schaffhausen hat man den Bergahorn, den Buxbaum, die Eibe usf. nachgewiesen; das Klima dieser Gegend war also ein etwa dem gegenwärtig dort herrschenden entsprechendes. Bekannte Interglazialbildungen sind ferner die Höttinger Breccie (verkittetes Geröll) bei Innsbruck mit Resten von Rhododendron ponticum, die ein milderes Klima verlangt als das heute dort vorhandene, und die eine ähnliche Flora führenden Kalkmergel von Pianico Sellere. Tierische Überreste sind aus diesen Interglazialbildungen der alpinen Vereisung ebenfalls bekannt geworden, so solche vom Rhinozeros, vom Machairodus, vom Pferd, Wisent, Hirsch, vom Lemming, vom Polarfuchs und vom Mammut. Letzteres war unzweifelhaft der Zeitgenosse des paläolithischen Menschen, der in der Diluvialzeit schon in den eisfreien Gebieten gelebt hat und vielleicht schon vor Hereinbruch der großen Eismassen in Europa erschienen war.

Diluviale Ablagerungen in dem eisfrei gebliebenen Gebiete zwischen dem Südrand der skandinavisch-norddeutschen und dem Nordrand der alpinen Vereisung. In erster Linie gehört hierher der Löß (Seite 112 bis 113), dessen staubartige Bestandteile vom Wind aus den Grundmoränenbildungen entnommen und zu neuen Gesteinsablagerungen zusammengetragen wurden. Lößbildungen sind weitverbreitet und in Deutschland besonders im südlichen Randgebiet der norddeutschen Vereisung gut entwickelt (Oder- und Weichseltal, Provinz Sachsen, Thüringen). Der Löß führt viele Schneckenschalen (Heix hispida, Pupa muscorum, usw.) und Reste von Steppentieren (Steppenmurmeltier, Lemming usf.). Nur ein Teil der Lößbildungen dürfte echt glazialen Alters sein, der größere Teil dagegen postglazial und eine Steppenbildung. Ferner sind zu nennen die Kalktuffe von Kannstatt bei Stuttgart, mit Resten des Mammuts, Nashorns, Höhlenbären usf., die zu den jüngeren interglazialen Bildungen gehören, und die vielen Ablagerungen in den großen Höhlen des fränkischen Jura, der schwäbischen Alb, des Harzes, Westfalens usf., Lehme, erfüllt

von Knochen des Ursus spelaeus, des Mammuts, des Riesenhirsches, Moschusochsen usf., zuweilen, wie bei Thayingen und am Schweizerbild bei Schaffhausen mit menschlichen Kunsterzeugnissen (Artefakten), als sehr primitive Schnitzereien und bildliche durch Einritzen hervorgebrachte Darstellungen der ebenerwähnten Tierformen.

Die diluvialen Ablagerungen in Nordamerika. In Nordamerika bedeckten die diluvialen Eismassen ein ungefähr 15 Millionen Quadratkilometer großes Areal, und zwar Kanada und einen Teil der nördlichen Staaten der Union, ihre Endmoränenwälle können vom Atlantik, in der Umgebung von Neuyork, an bis in die Nähe des Felsengebirges verfolgt werden und erreichen bei Cincinnati ihren südlichsten Punkt. Es sind die Ablagerungen des Lorenzogletschers oder des laurentischen Inlandeises, das in Labrador seinen Mittelpunkt hatte und sich vom 50. bis 55. Breitengrad wahrscheinlich mit einem anderen, westlichen Eispanzer, dem Kordillerengletscher vereinigte, der seiner Hauptsache nach ostwärts über das Felsengebirge abfloß, aber auch Ausläufer nach Westen gegen den Pazifik hin aussandte. Die amerikanischen Geologen unterscheiden drei Vereisungsperioden, Kansaseiszeit, vielleicht gleichalterig mit der Mindeleiszeit der Alpen, als ältere, die Jowaeiszeit als mittlere und die Wisconsineiszeit als letzte.

Diluviale Ablagerungen in anderen Gegenden der Erde. Solche sind bekannt geworden aus Südamerika (Venezuela, Kolumbia, Bolivia, Ecuador, am Titicacasee, in Patagonien usf.), in Asien (Libanon, Demavend, Ararat, Himalaya, tibetanisches Hochland, Sibirien), in Australien (Neuseeländer Alpen, Tasmanien usf.), Afrika (Ostafrika, am Kenia), auf den Kerguelen usf.

Die Ursachen der Eiszeit. Verschiedene Hypothesen sind schon aufgestellt worden, um die Ursachen der Eiszeit zu erklären, so eine ungleiche Wärmeverteilung im Weltenraume, wodurch es möglich wurde, daß unsere Erde, falls die Bahn unseres Sonnensystems eine besonders kalte Region durchlief,

sehr stark abgekühlt werden konnte, ferner ungewöhnliche Änderungen in der Lage der Erdachse, die allerdings die klimatischen Zustände auf unserem Planeten wesentlich umgestalten würden, oder bedeutende Verschiebungen in der Verteilung von Wasser und Land usf. Neuerdings hat Svante Arrhenius der Ansicht Raum gegeben, die Ursachen der die Vereisungsperioden der Diluvialzeit hervorgerufen habenden Klimaänderungen seien in Schwankungen des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre zu suchen. Eine Verminderung des Gehalts der Luft an diesem Gase auf zwei Drittel des gegenwärtigen würde eine zur Erzeugung einer Eiszeit hinreichende Temperaturerniedrigung verursachen können, eine Steigerung der atmosphärischen Kohlensäuremenge auf das 2,5- bis 3-fache die Temperaturen in den arktischen Gegenden dagegen um 8 bis 9° C zu erhöhen imstande sein, ein Umstand, der die größere Wärme in diesen Gegenden während der Tertiärzeit erklären würde (Seite 266). Die Quelle des vermehrten Kohlensäuregehaltes der Luft während des Tertiärs glaubt Arrhenius in der in dieser Periode so gewaltig entwickelt gewesenen vulkanischen Tätigkeit gefunden zu haben, während in dem darauffolgenden geologischen Zeitabschnitt die vulkanische Arbeit fast gänzlich ruhte und die Atmosphäre dann wieder beträchtlich ärmer an Kohlensäure wurde.

Dubois meint mit der allmählichen, sich aber nicht gleichmäßig vollziehenden Abkühlung der Sonne die Erscheinungen der Eiszeit erklären zu können. Die der Erde zukommende Sonnenstrahlung mußte daher auch nicht immer eine gleiche sein. Daß die diluviale Eiszeit im Entwickelungsgange der Erde nicht vereinzelt dasteht, und daß bereits in den Ablagerungen früherer Perioden ihrer Geschichte Spuren von derartigen Erscheinungen aufgefunden worden sind, das wurde schon früher betont (Seite 199 ff). Die Vereisung der Diluvialzeit ist also wohl kein zufälliges Phänomen, kein vereinzelter Schüttelfrost unserer Erde gewesen, sondern sie dürfte eine periodisch wiederkehrende Erscheinung sein. Freilich, die Ursachen dieser Dinge sind uns ein Rätsel, „zu dessen Lösung am meisten beigetragen

wird, wenn die klimatischen Verhältnisse der heutigen Gletschergebiete und die Spuren der Eiszeit auf der Erdoberfläche noch weiter erschlossen werden, als dies gegenwärtig der Fall ist" (Heß).

Die alluvialen oder rezenten Bildungen.

Die alluvialen oder rezenten Gesteinsbildungen bestehen aus kalkigen, sandigen oder tonigen Niederschlägen und Absätzen von Quellen, Bächen, Flüssen, Landseen und Meeren, aus Raseneisenstein, Torf, Infusorienlagern, Korallenriffen, vulkanischen Tuffen usf., die teils chemische Ablagerungen, teils aber auch die Erzeugnisse der im Wasser lebenden Organismen darstellen. Dieselben bilden sich allenthalben, wo die dafür notwendigen Verhältnisse obwalten, an den verschiedensten Stellen der Erdoberfläche, zu Wasser und zu Land, und sie enthalten die Überreste von Tier- und Pflanzenarten der Gegenwart.

Fünfzehnter Abschnitt.

Das Erscheinen des Menschen in Europa.

Nach dem Vorherrschen bestimmter Tierformen während der Diluvialzeit hat man die Ablagerungen dieser Periode in fünf Abteilungen geschieden, zu unterst:

die Meridionaliszone, mit Elephas meridionalis, dann
die Antiquuszone, mit Elephas antiquus, drittens
die Primigeniuszone, mit Elephas primigenius, viertens
die Renntierzone, mit den Resten des Renntiers, fünftens
die Hirschzone, die einer Waldperiode angehört und den Übergang zum Klima der Gegenwart vermittelt hat.

Die ältesten Spuren des diluvialen Menschen, roh zugehauene Feuersteinbeile, sind nun in Bildungen der zweiten, der Antiquuszone gefunden worden (Krapina), und diese ent-

spricht der Chelles-Periode der prähistorischen Anthropologen, nach der Ortschaft Chelles an der Marne bei Paris so genannt. Aber die Wahrscheinlichkeit, daß der Mensch bereits in der Meridionalis-zeit in Europa gelebt hat, ist durchaus nicht ausgeschlossen. Der Chelles-Periode folgt die nach Moustier in der Dordogne bezeichnete; während dieser dürften die Menschen besonders in Höhlen Zuflucht und Schutz gesucht

Abb. 244. Quartäre Heidelandschaft, Insel Sylt. Nach Görke.

haben. Ihre Werkzeuge bestanden aus einseitig bearbeiteten Gegenständen aus Silex und aus den Knochen der erlegten Tiere.

Von den Höhlen der Madelaine im Périgord hat die Madelaine-Periode ihren Namen erhalten. Hier finden sich schon sehr viel vollkommener bearbeitete Feuersteinwaffen und Feuersteingeräte, ebenso beinerne, mit allerhand Zieraten und bildlichen Darstellungen versehene. Zwischen die Moustier- und die Madelaine-Periode schiebt sich wahrscheinlich noch eine, den Übergang zwischen beiden vermittelnde, die Solutré-

Periode ein (nach Solutré in Burgund), ausgezeichnet durch bereits vollkommener hergestellte Feuersteingegenstände als in der Madelaine-Zeit, aber ohne beinerne Werkzeuge.

Die Mouſtier-Periode dürfte etwa der Primigeniuszone, die Madelaine-Periode der Renntier- und der Hirſchzone entſprechen.

Auf dieſe Abſchnitte in der Entwickelung des Menſchengeſchlechts in Europa, die man unter der Bezeichnung der paläolithiſchen Zeit oder der älteren Steinzeit zuſammengefaßt hat, folgt die neolithiſche Zeit, die jüngere Steinzeit, deren Artefakten bereits gewaltige Fortſchritte in techniſcher und in künſtleriſcher Beziehung erkennen laſſen, auch durch viel größere Mannigfaltigkeit der Formen und des verarbeiteten Materials ausgezeichnet ſind. In die jüngere Steinzeit fällt auch der Beginn von Viehzucht und Ackerbau. Wenn man die Erzeugniſſe der jüngeren Steinzeit betrachtet, kann man ſich gerechter Bewunderung darüber nicht verwehren, wie es einem die Metalle noch nicht kennenden Geſchlecht möglich geweſen iſt, aus dem ſpröden und harten Materiale Waffen und Werkzeuge herzuſtellen, die ebenſo fein zu arbeiten uns mit allen unſeren Hilfsmitteln heutzutage kaum gelingen würde.

Nach der Steinzeit kam die Bronzezeit; dieſer folgte die Eiſenzeit. Immer mehr vervollkommnete ſich der Menſch auf dem langen und dornenvollen Wege, der unſer Geſchlecht vom Urahnen der Chelles-Periode zum Kulturmenſchen der Gegenwart hinangeführt hat, und die Geſchichte der Menſchheit liefert uns einen ſchlagenden Beweis dafür, daß allem organiſchen Leben auf Erden der Drang innegewohnt hat, ſich immer fortſchreitend vom Niederen zum Höheren weiter zu entwickeln.

Druck von J. J. Weber (Illuſtrirte Zeitung) in Leipzig.

Literaturgeschichte, allgem. (A. Stern.) 4. Aufl. 1906. 4.—.
Literaturgeschichte, deutsche. (Möbius-Klee.) 7. Aufl. 1896. 2.—.
Logarithmen. (M. Meyer.) 3 Taf. u. 7 Textabb. 1898. 2.50.
Logik. (Kirchner.) 3. Aufl. 36 Abb. 1900. 3.—.
Luftsport s. Körperpflege.
Lunge. (Niemeyer-Liebe.) 10. Aufl. 37 Abb. 1913. 3.—.
Lungenkrankheiten s. Infektionskrankh.
Magen u. Darm. (E. v. Sohlern.) 2 Abb. u. 1 Taf. 1895. 3.50.
Magnetismus s. Physik.
Malaria s. Infektionskr.
Malerei. (K. Raupp.) 5. Aufl. 55 Abb. u. 9 Tafeln. 1911. 3.—.
— s. auch Liebhaberk., Porzellan- u. Glasmalerei.
Mandelentzündung s. Infektionskrankh.
Marktscheidekunst. (O. Brathuhn.) 2. Aufl. 190 Abb. 1906. 3.—
Maschinen s. Dampferzeuger, Dampfkessel, Verbrennungskraftmaschinen.
Maschinenelemente. (Osterdinger.) 595 Abb. 1902. 6.—.
Maschinenlehre, allg. (Th. Schwartze.) 327 Abb. 1903. 6.—.
Masern s. Infektionskrankheiten.
Massage. (Preller-Wichmann.) 2. Aufl. 89 Abb. 1903. 3.50.
Mechanik. (Huber-Lange.) 8. Aufl. 233 Abb. 1910. 3.50.
Mechan. Technologie s. Technologie.
Meereskunde, allgem. (J. Walther.) 72 Abb. u. 1 Karte. 1893. 5.—.
Metallurgie. (Fischer.) 29 Abb. 1904. 5.—.
Metaphysik. (G. Runze.) 1905. 5.—.
Meteorologie. (Bebber.) 3. Aufl. 63 Abb. 1893. 3.—.
Mietwohnhaus der Neuzeit.*) (Haenel und Tscharmann.) 214 Abb. 1913. 10.—.
Mikroskopie. (S. Garten.) 2. Aufl. 152 Abb. u. 1 farb. Taf. 1904. 4.—.
Milch, künstl. s. Chem. Technologie.
Milchwirtschaft. (Eug. Werner.) 28 Abb. 1884. 3.—.
Mimik und Gebärdensprache. (K. Strauß.) 2. Aufl. 58 Abb. 1907. 3.50.
Mineralogie. (Eug. Hussak.) 6. Aufl. 228 Abb. 1901. 3.—.
Motoren s. Dampferzeuger, Dampfkessel. Verbrennungskraftmaschinen.
Münzkunde. (Dannenberg-Friedensburg.) 3. Aufl. 11 Taf. Abb. 1912. 4.50.
Musik. (Lobe-Hofmann.) 29. Aufl. 1910. 1.50.
Musikgeschichte. (Musiol-Hofmann.) 83 Abb. 1905. 4.50.
Musikinstrumente. (R. Hofmann.) 6. Aufl. 205 Abb. u. Notenbeispiele. 1903. 4.—.
Musterschutz s. Patentwesen usw.
Nägel s. Haut, Haare, Nägel.
Nahrungsmittelchemie.* (Varges.) 178 Abb. u. 3 farb. Taf. 1907. 10.—.
Naturlehre. (C. Brewer.) 4. Aufl. 53 Abb. 1893. 3.—.
Nautik. (R. Seltz.) 68 Abb. 1906. 4.—.
Nervosität. (Möbius.) 3. Aufl. 1906. 2.50.
Nivellierkunst. (C. Pietsch.) 6. Aufl. 61 Abb. 1908. 2.—.
Numismatik s. Münzkunde.
Nutzgärtnerei. (Jäger-Wesselhöft.) 6. Aufl. 75 Abb. 1905. 3.—.
Obstbau s. Nutzgärtnerei.
Obstverwertung. (Joh. Wesselhöft.) 45 Abb. 1897. 3.—.
Ohr, das. (E. R. Hagen.) 2. Aufl. 45 Abb. 1883. 2.50.
Öle s. Chemische Technologie.
Optik s. Physik.
Orden s. Ritter- und Verdienstorden.
Organisation, die kaufmänn. i. Fabrikbetriebe. (Stern.) 80 Abb. 1910. 4.50.
Orgel. (Richter-Menzel) 24 Abb. 1896. 3.—.
Ornamentik. (Kanitz-Singer) 7. Aufl. 145 Abb. 1913. 3.—.
Pädagogik. (F. Kirchner.) 1890. 2.—.
Pädagogik, Geschichte der. (Friedr. Kirchner.) 1899. 3.—.
Paläontologie. s. Versteinerungskunde.
Patentwesen. (Sack.) 3 Abb. 1897. 2.50.
Perspektive, angewandte. (Kleiber.) 5. Aufl. 152 Abb. 1912. 3.—.
Petrefaktenkunde s. Versteinerungskunde.
Petrographie. (J. Blaas.) 3. Aufl. 124 Abb. 1912. 4.50.
Pferdedressur. s. Fahrkunst u. Reitkunst.
Pflanzen, d. leucht. s. Tiere.
Pflanzenmorphologie, vergleichende. (E. Dennert.) 600 Abb. 1894. 5.—.
Philosophie, Einführung in die. (A. Ruge.) 5. Aufl. 1913. 3.—
Philosophie, Geschichte d. (Kirchner-Runze.) 4. Aufl. 1911. 4.50.
Photographie, praktische. (H. Keßler.) 6. Aufl. 149 Abb. 1906. 4.50
Phrenologie. (G. Scheve.) 8. Aufl. 19 Abb. 1896. 2.—.
Physik. (Kollert.) 6. Aufl. 164 Abb. 1903. 7.—.
Physik, Geschichte der. (E. Gerland.) 72 Abb. 1892. 4.—.
Physiologie d. Mensch. (Fr. Scholz.) 58 Abb. 1883. 3.—.
Planetographie. (Lohse.) 15 Abb. 1894. 4.—.
Planimetrie. (Riedel.) 190 Abb. 1900. 4.—.
Pocken s. Infektionskrankheiten.
Poetik, deutsche. (Joh. Minckwitz.) 3. Aufl. 1899. 2.50.

Porzellan- und Glasmalerei. (R. Ulle.) 77 Abb. 1894. 3.—.
Projektionslehre. (Hoch) 3. Aufl. 155 Abb. 1907. 2.50.
Psychologie. (Kirchner.) 2. Aufl. 1896. 3.—.
Pulverfabrikation s. Chem. Technologie.
Radfahrsport. (K. Biesendahl.) 105 Abb. 1897. 3.—.
Raumberechnung. (C. Pietsch.) 4. Aufl. 55 Abb. 1908. 1.80.
Rechnen s. Arithmetik.
Rechnen, kaufm. (R. Stern.) 1904. 5.—.
Redekunst. (Benedix-Seydel.) 7. Aufl. 1913. 1.50.
Registratur- und Archivwissenschaft. (Holtzinger u. Leist.) 2. Aufl. 1908. 4.—.
Reich, das Deutsche. (Zeller-Sala.) 3. Aufl. 2 Bände. 1909. 8.—.
Reitkunst. (K. Brück.) 5. Aufl. 76 Abb. 1912. 6.—.
Religionsphilosophie. (Runze.) 1901. 4.—.
Rheumatismus s. Gicht, Infektionskr.
Ritter- und Verdienstorden. (M. Gritzner.) 760 Abb. 1893. 9.—., Pergamentbd. 12.—.
Rodelsport s. Wintersport.
Rosen und Sommerblumen.* (W. Miltze.) 160 teils farb. Abb. 1910. 10.—.
Ruder- und Segelsport. (O. Gustk.) 66 Abb. u. 1 Karte. 1908. 4.—.
Ruhr s. Infektionskrankheiten.
Säbelfechtschule. 27 Abb. 1907. 1.50.
Säugetiere, Vorfahr. der. (A. Gaudry-Marshall.) 40 Abb. 1891. 3.—.
Schachspielkunst. (Portius-von Gottschall.) 13. Aufl. 1913. 2.50.
Scharlach s. Infektionskrankheiten.
Schattenkonstruktion s. Perspektive.
Schauspielkunst s. Dramaturgie.
Schlitten-, Schlittschuhsport s. Wintersp.
Schlosserei. (Hoch.) 1. Teil. 256 Abb. 1899. 6.—. 2. Teil. 288 Abb. 1899. 6.—. 3. Teil. 201 Abb. 1901. 4.50.
Schneeschuhsport s. Wintersport.
Schönheitspflege s. Haut.
Schornsteine s. Dampferzeuger, Dampfk.
Schreibunterricht. (G. Funk.) 3. Aufl. 82 Fig. 1893. 1.50.
Schwangerschaft s. Frau, die junge.
Schwimmkunst. (Schwägerl-Krohn.) 3. Aufl. 105 Abb. 1912. 2.—
Schwindsucht s. Infektionskrankheiten.
Segelsport s. Ruder- und Segelsport.
Seifenfabrikation s. Chem. Technologie.
Selbsterziehung. (Blackie-Kirchner.) 3. Aufl. 1903. 2.—.
Sinne u. Sinnesorgane der nied. Tiere. (Jourdan-Marshall.) 48 Abb. 1891. 4.—.
Sitte, die feine s. Ton, der gute.
Sittenlehre s. Ethik.
Ski s. Wintersport.
Sozialismus. (Haushofer.) 1896. 3.—.
Soziologie. (R. Eisler.) 1903. 4.—.
Spiele s. Kindergarten, Lawn-Tennis.
Spinnerei, Weberei u. Appretur. (M. Reiser) 4. Aufl. 348 Abb. 1901. 6.—.
Spiritusbrennerei s. Chem. Technologie.
Sport s. Bergsteigen, Fahrkunst, Hiebfechtschule, Jagdkunde, Körperpflege, Radfahrsport, Reitkunst, Ruder- und Segelsp., Säbelfechtschule, Schwimmkunst, Stoßfechtschule, Turnkunst und Wintersport.
Sprache und Sprachfehler des Kindes. (H. Gutzmann.) 22 Abb. 1894. 3.50.
Sprache, deutsche s. Wörterbuch, deutsch.
Sprachlehre, deutsche. (Michelsen-Nebderich.) 4. Aufl. 1898. 2.50.
Sprachorgane s. Gymnastik d. Stimme.
Sprengstoffe s. Chem. Technologie.
Sprichwörter s. Zitatenlexikon.
Staatsrecht s. Reich, das Deutsche.
Städtebau s. Erd- und Straßenbau.
Stalldienst u. Stallpflege s. Fahrkunst.
Statik. (W. Lange.) 284 Abb. 1897. 4.—.
Stenographie. (Krieg.) 3. Aufl. 1900. 3.—.
Stereometrie. (R. Schurig u. E. Riedel.) 159 Abb. 1898. 3.50.
Stile s. Baustile u. Ornamentik.
Stilistik s. Wie schreibe ich richtig deutsch?
Stimme, Gymnastik der. (O. Guttmann.) 7. Aufl. 26 Abb. 1908. 3.50.
Stoßfechtschule. 42 Abb. 1892. 1.50.
Stottern s. Sprache und Sprachfehler.
Straßenbau s. Erd- u. Straßenbau.
Sträucher s. Blütenstauden.
Tanzkunst. (Klemm-Engelhardt.) 8. Aufl. 93 Abb. u. zahlr. Notenbeisp. 1910. 3.50.
— s. auch Ästhetische Bildung.
Technologie, chem. (P. Kersting u. M. Horn.) 1. Teil. Anorgan. Verbind. 70 Abb. 1902. 5.—. 2. Teil. Organ. Verbind. 72 Abb. 1902. 5.—. 3. Teil s. Hüttenkunde. 4. Teil s. Metallurgie.
Technologie, mech. (A. v. Ihering.) 2. Aufl. 349 Abb. 1904. 4.—.
Teichwirtschaft s. Fischzucht usw.
Telegraphie elektr. (G. Schmidt.) 7. Aufl. 484 Abb. 1906. 6.—.
Textilindustrie s. Spinnerei usw.
Tiefbrand s. Liebhaberkünste.
Tiere, geograph. Verbreitung der. (Trouessart-Marshall.) 1892. 4.—.
Tiere u. Pflanzen, die leuchtend. (H. Gadeau de Kerville, deutsch von W. Marshall.) 28 Abb. 1893. 3.—.
Tierheilkunde, landwirtsch. s. Hilfe, erste.
Tierzucht, landwirtsch. (E. Werner.) 20 Abb. 1880. 2.50.
Tintenfabrikation s. Chem. Technologie.
Ton, der gute, und die feine Sitte. (E. v. Adlersfeld-Ballestrem.) 5. Aufl. 1912. 2.—.
— s. auch Ästhetische Bildung usw.

Z 550 .2 11
Haas STOREHOUSE
Geologie
BORROWER'S NAME
~~Ernest Reeber~~ 9669
May 13
U. Taipei
Hythe St.
Summer
1 1963

geltlich zur Verfügung.

G.E.STECHERT
& Co.
NEW YORK

Porzellan- und Glasmalerei. (R. Ulke.) 77 Abb. 1894. 3.—.
Projektionslehre. (Hoch) 3. Aufl. 155 Abb. 1907. 2.50.
Psychologie. (Kirchner.) 2. Aufl. 1896. 3.—.
Pulverfabrikation s. Chem. Technologie.
Radfahrsport. (K. Biesendahl.) 105 Abb. 1897. 3.—.
Raumberechnung. (C. Pietsch.) 4. Aufl. 55 Abb. 1908. 1.80.
Rechnen s. Arithmetik.
Rechnen, kaufm. (R. Stern.) 1904. 5.—.
Redekunst. (Benedix-Seydel.) 7. Aufl. 1913. 1.50.
Registratur- und Archivwissenschaft. (Holtzinger u. Lelst.) 2. Aufl. 1908. 4.—.
Reich, das Deutsche. (Zeller-Sala.) 3. Aufl. 2 Bände. 1909. 8.—.
Reitkunst. (K. Brück.) 5. Aufl. 76 Abb. 1912. 6.—.
Religionsphilosophie. (Runze.) 1901. 4.—.
Rheumatismus s. Gicht, Infektionskr.
Ritter- und Verdienstorden. (M. Gritzner.) 760 Abb. 1893. 9.—., Pergamentbd. 12.—.
Rodelsport s. Wintersport.
Rosen und Sommerblumen.* (W. Miltze.) 160 teils farb. Abb. 1910. 10.—.
Ruder- und Segelsport. (O. Gust.) 66 Abb. u. 1 Karte. 1908. 4.—.
Ruhr s. Infektionskrankheiten.
Säbelfechtschule. 27 Abb. 1907. 1.50.
Säugetiere, Vorfahr. der. (A. Gaudry-Marshall.) 40 Abb. 1891. 3.—.
Schachspielkunst. (Portius-von Gottschall.) 13. Aufl. 1913. 2.50.
Scharlach s. Infektionskrankheiten.
Schattenkonstruktion s. Perspektive.
Schauspielkunst s. Dramaturgie.
Schlitten-, Schlittschuhsport s. Wintersp.
Schlosserei. (Hoch.) 1. Teil. 256 Abb. 1899. 6.—. 2. Teil. 288 Abb. 1899. 6.—. 3. Teil. 201 Abb. 1901. 4.50.
Schneeschuhsport s. Wintersport.
Schönheitspflege s. Haut.
Schornsteine s. Dampferzeuger, Dampfk.
Schreibunterricht. (G. Funk.) 3. Aufl. 82 Fig. 1893. 1.50.
Schwangerschaft s. Frau, die junge.
Schwimmkunst. (Schwägerl-Krohn.) 3. Aufl. 105 Abb. 1912. 2.—
Schwindsucht s. Infektionskrankheiten.
Segelsport s. Ruder- und Segelsport.
Seifenfabrikation s. Chem. Technologie.
Selbsterziehung. (Blackie-Kirchner.) 3. Aufl. 1903. 2.—.
Sinne u. Sinnesorgane der nied. Tiere. (Jourdan-Marshall.) 48 Abb. 1891. 4.—.
Sitte, die feine s. Ton, der gute.
Sittenlehre s. Ethik.
Ski s. Wintersport.
Sozialismus. (Haushofer.) 1896. 3.—.
Soziologie. (R. Eisler.) 1908. 4.—.
Spiele s. Kindergarten, Lawn-Tennis.
Spinnerei, Weberei u. Appretur. (R. Reiser) 4. Aufl. 348 Abb. 1901. 6.—.
Spiritusbrennerei s. Chem. Technologie.
Sport s. Bergsteigen, Fahrkunst, Hiebfechtschule, Jagdkunde, Körperpflege, Radfahrsport, Reitkunst, Ruder- und Segelsp., Säbelfechtschule, Schwimmkunst, Stoßfechtschule, Turnkunst und Wintersport.
Sprache und Sprachfehler des Kindes. (H. Gutzmann.) 22 Abb. 1894. 3.50.
Sprache, deutsche s. Wörterbuch, deutsch.
Sprachlehre, deutsche. (Michelsen-Redderich.) 4. Aufl. 1898. 2.50.
Sprachorgane s. Gymnastik d. Stimme.
Sprengstoffe s. Chem. Technologie.
Sprichwörter s. Zitatenlexikon.
Staatsrecht s. Reich, das Deutsche.
Städtebau s. Erd- und Straßenbau.
Stalldienst u. Stallpflege s. Fahrkunst.
Statik. (W. Lange.) 284 Abb. 1897. 4.—.
Stenographie. (Krieg.) 3. Aufl. 1900. 3.—.
Stereometrie. (R. Schurig u. E. Riedel.) 159 Abb. 1898. 3.50.
Stile s. Baustile u. Ornamentik.
Stilistik s. Wie schreibe ich richtig deutsch?
Stimme, Gymnastik der. (O. Guttmann.) 7. Aufl. 26 Abb. 1908. 3.50.
Stoßfechtschule. 42 Abb. 1892. 1.50.
Stottern s. Sprache und Sprachfehler.
Straßenbau s. Erd- u. Straßenbau.
Sträucher s. Blütenstauden.
Tanzkunst. (Klemm-Engelhardt.) 8. Aufl. 93 Abb. u. zahlr. Notenbeisp. 1910. 3.50.
— s. auch Ästhetische Bildung.
Technologie, chem. (P. Kerstingu. M. Horn.) 1. Teil. Anorgan. Verbind. 70 Abb. 1902. 5.—. 2. Teil. Organ. Verbind. 72 Abb. 1902. 5.—. 3. Teil s. Hüttenkunde. 4. Teil s. Metallurgie.
Technologie, mech. (A. v. Ihering.) 2. Aufl. 349 Abb. 1904. 4.—.
Teichwirtschaft s. Fischzucht usw.
Telegraphie elektr. (E. Schmidt.) 7. Aufl. 484 Abb. 1906. 6.—.
Textilindustrie s. Spinnerei usw.
Tiefbrand s. Liebhaberkünste.
Tiere, geograph. Verbreitung der. (Trouessart-Marshall.) 1892. 4.—.
Tiere u. Pflanzen, die leuchtend. (H. Gadeau de Kerville, deutsch von W. Marshall.) 28 Abb. 1893. 3.—.
Tierheilkunde, landwirtsch. s. Hilfe, erste.
Tierzucht, landwirtsch. (E. Werner.) 20 Abb. 1880. 2.50.
Tintenfabrikation s. Chem. Technologie.
Ton, der gute, und die feine Sitte. (E. v. Adlersfeld-Ballestrem.) 5. Aufl. 1912. 2.—.
— s. auch Ästhetische Bildung usw.

G 550 2/11
Haas STOREHOUSE
Geologie
BORROWER'S NAME
~~Ernest Reeber~~ 9669
May 13
U. Teipel
Hythe St.
Summer
1 1963

geltlich zur Verfügung.

J. J. Weber, Leipzig.

G.E.STECHERT & Co. NEW YORK

UNIVERSITY OF MINNESOTA
sci
550 H11
Haas, Hippolyt Julius, 1855-
Leitfaden der geologie.
3 1951 000 524 610 J
Minnesota Library Access Center
9 ZA R01 D02 S15 TG G

ERSITY OF MINNESOTA

Julius, 1855-

1 000 524 610 J

UNIVERSITY OF MINNESOTA
sci
550 H11
Haas, Hippolyt Julius, 1855-
Leitfaden der geologie.
3 1951 000 524 610 J
Minnesota Library Access Center
9 ZA R01 D02 S15 TG G